

JEDNODUCHÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Václav Machovec, Josef Korous, Pavel Bartušek, Jan Libý

Členové radioklubu základní organizace Svazarmu při k. p. TESLA Lanškroun, závod 114 Blatná, si dali dlouhodobý úkol získávat před závodem zájemce o elektroniku z řad mládeže. Spoluprací městského domu pionýrů a mládeže, Svazarmu a závodu TESLA vznikly dobré podmínky pro realizaci tohoto úkolu. Ředitel MDPM uvítal před 14 lety ochotu členů radioklubu zřídit a věst v MDPM radiokroužek; dnes pracují radiokroužky dva (mladší a starší radiotechnici) a díky pochopení ředitele jsou umístěny v pěkné místnosti, v níž se členové radioklubu přičinili o novou elektroinstalaci a dokonale osvětlení. Radiokroužek je dobře vybaven měřicí technikou, i když většinu přístrojů jsme získali jako vyfázené přístroje ze závodu a museli je opravit. Kroužek starších se zabývá převážně stavbou jednoduchých přístrojů. Protože moderních součástek je nedostatek a jsou drahé, naproti tomu starší se hromadí (podle současných návodů nemají použít), byl hledán a odzkoušen způsob, jak používat to, co je k dispozici.

Při zamýšlení nad možnostmi začátečníka, který nemá v blízkosti specializovanou prodejnu a moc toho o elektronice neví, zjistíme, že např. deska s plošnými spoji vyžaduje určité typy součástek, při částečném pájení se fólie ničí a odlepuje, na hotové desce se spoji není možné dělat úpravy, změny nebo vylepšení, je tedy možné konstrukční návod jen slepouz kopirovat. Proto pro začátek nepoužíváme desky se spoji, ale vrtačou destičku z izolantu, kterou si může zajistit každý a hned. Pro všechny úlohy lze používat jednotnou desku. Materiálem je sklotextit (ze starých „sloupaných“ desek se spojí), tvrzená tkanina, tvrzený papír, nejběžnější jsou odězky umakartu.

Pří přípravě tohoto čísla AR jsme vycházel i z toho, že i jednoduché návody jsou obvykle psány a vysvětleny tak, že jim začátečník, kterému chybí základy, nerozumí. Vycházíme ze zkušenosti, že velká část mladých radioamatérů dokáže rozpoznat na schématu jednotlivé součástky, osadit desku s plošnými spoji, tedy postavit často i složitý výrobek, ale málokterý dokáže „rozdělit“ schéma zapojení na jednotlivé stupně, pojmenovat je a rozumět jim. Neví si rady s nastavením, případnou nahradou součástky, zkontolováním činnosti, proměněním a opravou. V radioklubu jsme proto odzkoušeli základní obvody, které lze během jedné schůzky zapojit a uvést do chodu.

Toto číslo je trochu výjimkové v náplni většiny AR/B a mělo by posloužit hlavně mladým a začínajícím zájemcům o elektroniku. Mělo by pomoci v oblasti zkouše-ní a měření při práci v radiokružnicích DPM a v radioklubech Svazarmu, kde je o vhodné a hlavně levné nářadí pro práci nouze. Kdo to zkusil, ví dobré; jak je těžké pro 10 členů jednoho kroužku zajistit desetkrát stejný materiál na jedno zapoje-

ní, které nemusí být ani moc složité a opatřit na zakoupení finanční prostředky. Proto jsme se zaměřili na jednoduchost a možnost pracovat s levným materiálem.

Většinu návodů v soudobých časopisech mládež může realizovat jen nesnadno. Nestačí na ně ani vědomostmi, ani součástkovými možnostmi, tedy finančními. Stejně tak všichni nemají možnost udělat si potřebné mechanické práce. Z nedostatku zkušenosti se mladí konstruktéři obvykle zaměří na návod, který se jim líbí (často ani nevěděl proč), ušetří si na součástky, sezenou cuprexit atd. a při uvádění do chodu z nedostatku základních znalostí a nedočkovosti přístroj zničí. Tím často končí jejich zájem o elektroniku, který přišel dost draho a nepřinesl předpokládaný výsledek. Hlavní chybou v tomto případě bylo, že začátečník stavěl hned komplikovaný přístroj složitý, na který nestačil bez znalosti základů. Podobně je tomu při stavbě přístrojů napájených ze sítě. Začátečník se z nevědomosti dopouštěl hrubých chyb, zapomínal jí na připojení ochranného vodiče a z přístroje se tak stával elektrické zařízení životu nebezpečné.

Zkoušecky a přístroje popisované v tomto AR byly konstruovány z uvedených hledisek a prokáží cenné služby, vždyť v praxi velmi často stačí jednoduchá zkouška, aniž bychom museli přesně měřit. Proč hned stavět složité a drahotné přístroje, když jich nevyužíváme a při náročném měření mohou pomoci zkuseň, nejší, nebo přístroje v kroužcích a rádioklubech.

Začneme od základů – obvodem baterie, žárovka, sériový rezistor, paralelní rezistor (bočník) a jejich výpočet, následující obvody s polovodičovými diodami s tranzistory a s hradly TTL. Všimneme si nelineárního odporu (žhavící vláknou žárovky) a budeme trochu počítat (zjednodušeným způsobem, vhodným pro mládež).

Nakonec několik rad pro začínající:

- a. Budeme postupovat od začátku, trpělivě, od nejjednodušších obvodů, které zhotovíme pečlivě a vzhledně, abychom postupně získali zkušenosti.
 - b. Jednoduché konstrukce nebudem podceňovat, odzkoušíme je a zjistíme v jakých mezích ještě pracují (velikost napájecího napětí, zátěž, chování s náhradními součástkami apod.)
 - c. Nebudeme začítlat složitými přístroji, abychom se vyhnuli neúspěchu a zkáze.
 - d. Před každou stavbou přístroje si nejdříve navrhneme mechanické uspořádání skřínky, panelu, všech ovládacích prvků, baterií nebo síťového zdroje, desky s plošinou spoji. Práce se urychlí a nestane se např., že se přístroj nebo ovládací prvky nevezdou do skřínky.

Popisy a návody jsou rozděleny do čtyř skupin podle složitosti a náročnosti takto:

skupina A = začátečníci,
neměli by pracovat s přístroji vlastní výroby
nebo napájenými ze sítě. Proto jsou všechny
přístroje napájené jen z baterií, jsou po-
staveny na panelu vlastní výroby, vyhovu-

jícím pro všechna zapojení. Mohou být podle vlastního uvážení postaveny do krabičky U6 z plastické hmoty. Přístroje jsou zapojeny na vrtané destičce z izolantu „drátováním“;

skupina B - pokročilí mladší, zkušenější, které si již umí v lecčems poradit. Všechny přístroje jsou napájeny z baterií a vestavěné na panel nebo do skříňky U6;

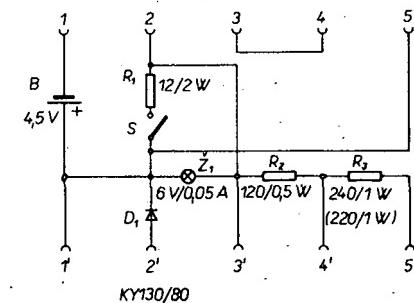
skupina C – pokročilí starší, zkušení, kteří jsou bud v učebním poměru, nebo navštěvují střední školu. Předpokládá se určitá znalost bezpečnostních předpisů, přístroje jsou napojeny i ze sítě a jsou postaveny do skřínek panelové konstrukce i vlastní výroby;

skupina D - vyspělí elektronici - amatéři, jimž by měly stačit spíše jen náměty na přístroje (pro kroužky a kluby).

Přístroje skupiny A

A-1a Jednoduchá žárovková zkoušečka

Při radioamatérské činnosti se neobejdeme bez zkoušení a měření. Přesnější měření však umožní jen složitější a drahé přístroje. Protože často stačí měřit jen přibližné, popř. jen zkoušet, lze nahradit měřidlo žárovkou. Navykneme-li si rozlišovat intenzitu světla (barvu vlákna), může žárovka ve vhodném zapojení prokázat v začátcích cennou službu. Se zkoušeckou (obr. 1) můžeme „měřit“ (lépe



Obr. 1. Schéma žárovkové zkoušečky

zkoušet napětí ve voltech (V), proud v miliamperech (mA) a odpory v ohmech (Ω) a zkoušet součástky, spoje a obvody. Pozor – se zkoušečkou můžeme zkoušet jen napětí bezpečné a v našem případě pro začátečníky jen do 24 V.

Zkoušecka se skládá ze žárovky, baterie, spínače, diody, rezistorů a zdířek, popř. sluchátka $2 \times 2000 \Omega$. Kromě sluchátka je vše na jednoduchém panelu, jehož základna je z překlízky tl. 8 až 12 mm, přední panel též z překlízky nebo jiného izolantu tl. 1,5 až 5 mm. Zkoušecku lze zkoušet napětí 1 až 24 V, proud 20 až 500 mA, rezistory 0 až 250Ω (se sluchátkem až do 1 M Ω), elektrolytické kondenzátory 1000 až 10 000 μ F (se sluchátkem až do 100 μ F).

kem menší než $1000 \mu F$). Zkoušečku lze použít krátkodobě jako zdroj stejnosměrného proudu o napětí 4,5 V.

Použití zkoušečky

Zdírky: Funkce:

- 1'-3' zkoušení napětí 1 až 6 V (max. 8 V), zkoušení proudu 20 až 50 mA (max. 60 mA), zkoušení baterii a monočlánku,
- 1'-4' zkoušení napětí 3,5 až 12 V (max. 15 V),
- 1'-5' zkoušení napětí 8,5 až 24 V (max. 29 V),
- 2'-3' až 5' zkoušení stejnosměrného napětí s možností zjištění polarity,
- 1'-2' zkoušení rezistorů od 0 do 250Ω , zkoušení kondenzátorů 1000 až 10 000 μF , zkoušení diod a tranzistorů – jen výkonových!, zdroj stejnosměrného napětí 4,5 V pro proudy do 5 mA,
- 1'-3' zkoušení rezistorů do $1 M\Omega$ pomocí sluchátka zkoušení kondenzátorů do $1000 \mu F$ pomocí sluchátka,
- 1'-1' zdroj stejnosměrného napětí 4,5 V, 0,1 A (max. 0,5 A).

Zkoušení napětí: Napětí přivádíme do zdírek 1'-3' bez ohledu na polaritu, tedy stejnosměrné i střídavé. Podle svitu žárovky odhadneme velikost. Při 1 V žárovka žhne, při 6 V jasné svítí a při 8 V svítí bíle – nebezpečí přepálení vlákna. Chceme-li zjistit polaritu stejnosměrného napětí, přivedeme ho do zdírek 2'-3'. Je-li na zdířce 2' + pól a na zdířce 3' - pól, žárovka svítí. Při obrácené polaritě proud neprotéká. Přivedeme-li střídavý proud do zdírek 2'-3', svítí žárovka přibližně polovičním svitem, lze tedy zkoušet střídavé napětí asi $2 \times$ větší než stejnosměrné. Napětí 12 a 24 V přivádíme na žárovku přes předřadné odpory 120 a 240Ω , tj. zdířky 1'-4' a 1'-5'. Při zkoušení se na diodě „ztratí“ (úbytek napětí) napětí 0,4 až 0,8 V podle protékajícího proudu. Tímto „voltmetrem“ zatěžujeme měřený obvod proudem 20 až 50 mA. Můžeme tedy měřit jen v místech, kde to není na závadu (baterie, transformátory, zdroje, autoelektrika), neboť žárovka má jako voltmetr malý vnitřní odpor.

Zkoušení proudu: proud přivádíme na zdíry 1'-3' a využíváme toho, že vláknko žárovky žhne již při 20 mA a jasné svítí při 50 mA, při sepnutém spínači při 500 mA. Jako ampérmetr má žárovka velký vnitřní odpor a je na ní velký úbytek napětí – při 20 mA 1 V a při 50 mA dokonce 6 V. Proud tedy můžeme zkoušet jen v obvodech s dostatečně velkým napětím.

Zkoušení baterií a monočlánků: baterii připojíme na zdíry 1'-3' bez ohledu na polaritu. Dává-li napětí, žárovka se rozsvítí. Pak sepnutím spínače zatížíme baterii odporem 12Ω a podle změny světla usuzujeme na jakost baterie. U dobré baterie se svít žárovky změní jen málo.

Zkoušení rezistorů: rezistor připojíme do zdírek 1=2 a podle svitu žárovky usuzujeme na jeho odporník. Při nulovém odporu svítí žárovka jasně a při odporu 250Ω nepatrň žhne. Nevyhodou je, že zkoušeným obvodem teče proud 20 až 40 mA (40 mA proto, že žárovka je napájena z baterie 4,5 V a ne napětím 6 V, kdy by odebírá proud 50 mA).

Zkoušení diod a tranzistorů: zkoušenou diodu připojíme do zdírek 1-2. Je-li dobrá, svítí žárovka při připojení katody do zdířky 1 a anody do zdířky 2. Při připojení obráceně žárovka nesvítí. Svítí-li, je dioda „proražená“, nesvítí-li ani v jednom směru, je přerušená.

Protože tranzistor jsou vlastní dvě diody zapojené proti sobě, připojíme-li bázi do zdířky 1 a kolektor nebo emitor do zdířky 2, pak při tranzistoru p-n-p žárovka svítí. Připojíme-li bázi do zdířky 2, pak při připojení kolektoru nebo emitoru do zdířky 1 žárovka nesvítí. U tranzistoru n-p-n je

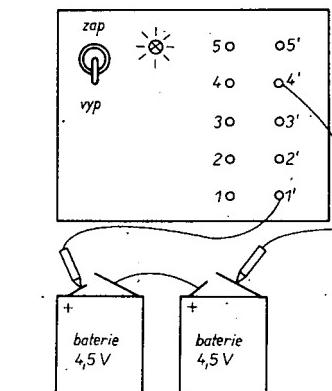
tomu naopak. Tím je možno jak určit vodivost tranzistoru, tak zjistit, zda jsou přechody dobré. Poslední zkouškou je připojení kolektoru a emitoru mezi 1-2 – žárovka nesmí svítit. Je-li správná polarita kolektoru i emitoru a připojíme-li bázi ke kolektoru, tranzistor se stane vodivým, žárovka svítí. Pozor – můžeme zkoušet jen výkonové tranzistory a diody. U běžných n-p-n tranzistorů a diod by značný proud žárovkou polovodičový přechod zničil.

Zkoušení elektrolytických kondenzátorů: kondenzátor připojíme do zdírek 1 a 2 (+ pól), žárovka se rozsvítí a kondenzátor se nabije. Po nabité žárovka zhasne. Délka svitu je úměrná kapacitě kondenzátoru, při kapacitě $1000 \mu F$ je asi 0,5 s, při $10000 \mu F$ svítí žárovka $10 \times$ déle (asi 5 s). Svítí-li žárovka stále, má kondenzátor zkrat, nebo není připojen se správnou polaritou. Neblikne-li vůbec, má kondenzátor kapacitu menší než $0,5 \mu F$, nebo je přerušen.

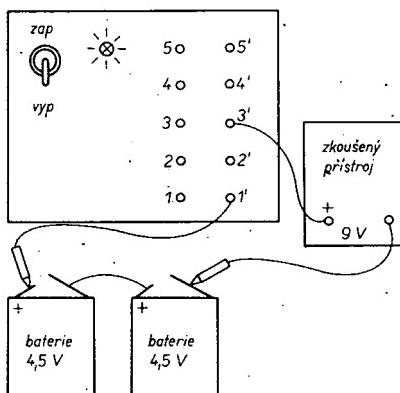
Stejnosměrný zdroj: baterie s napětím 4,5 V je vyzvedena zdírkou 1=2, proud je omezen na 40 mA. Chceme-li použít stejnosměrný zdroj 4,5 V pro větší proud, zapneme spínač nebo připojíme zkoušený obvod do zdířky 1'-1'. Můžeme odebírat proud až 100 mA, při větších proudech se baterie rychle vybije (krátkodobě je schopna dát proud asi 0,5 A).

Zkoušení odporů a kondenzátorů sluchátkem: do zdírek 4-5 zapojíme sluchátko a odporem $2 \times 2000 \Omega$ a do zdírek 1-3 připojíme zkoušený rezistor nebo kondenzátor. Není-li zkoušená součástka přerušena, ozve se v okamžiku připojení ve sluchátku „lupnutí“, tím silnější, čím je větší kapacita kondenzátoru, nebo čím je menší odpor rezistoru. Při zkoušce kondenzátoru se ozve lupnutí jen při prvním připojení nebo do té doby, než se kondenzátor nabije.

I když možnosti zkoušení jsou omezené, prokáže zkoušečka cenné služby. Při zkoušení napětí (obr. 2) ji připojujeme

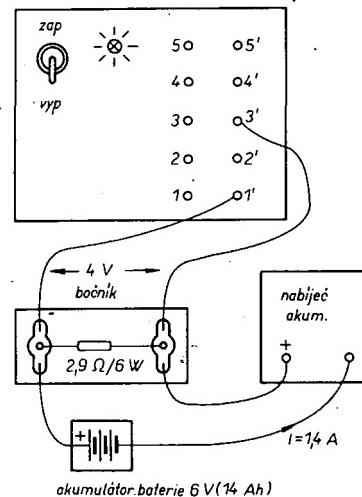


Obr. 2. Zkoušení napětí



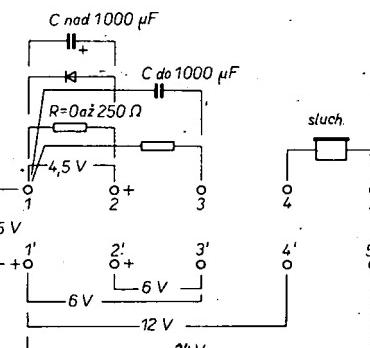
Obr. 3. Zkoušení proudu

paralelně ke svorkám zdroje, který musí být schopen dát alespoň proud, odpovídající spotřebě žárovky (více než 50 mA). Při zkoušení proudu (obr. 3) zapojujeme zkoušečku v sérii se spotřebičem a zdroj musí dát větší napětí, než je úbytek při proudu 20 mA a více než 6 V při proudu 50 mA. Chceme-li zkoušet větší proudy, připojíme paralelně k žárovce (do zdírek 1'-3') rezistor, kterým protéká část zkoušeného proudu. Tomuto rezistoru říkáme bočník (obr. 4). Při zkoušení součástek

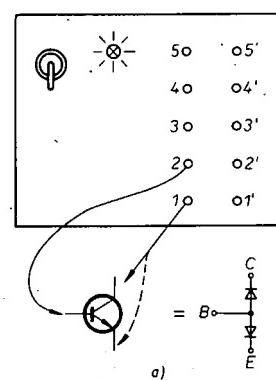


Obr. 4. Zkoušení většího proudu pomocí bočníku

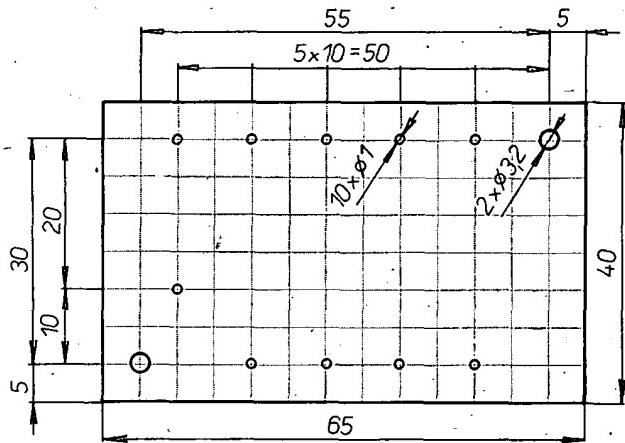
připojujeme zkoušené součástky podle obr. 5. Při zkoušení tranzistorů postupujeme podle obr. 6.



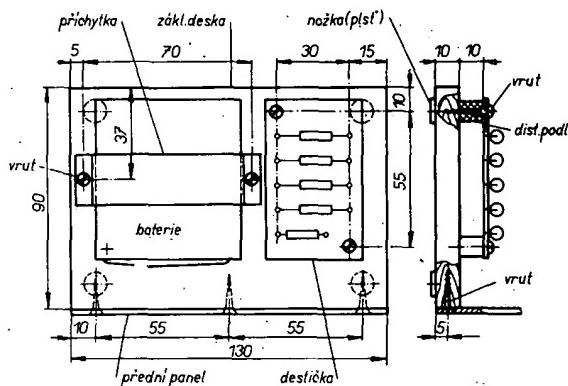
Obr. 5. Zkoušení součástek a jejich připojení



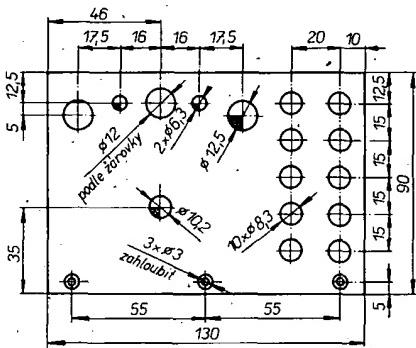
Obr. 6a.



Obr. 9. Destička pro žárovkovou zkoušku



Obr. 11. Rozměry a uspořádání malé panelové jednotky



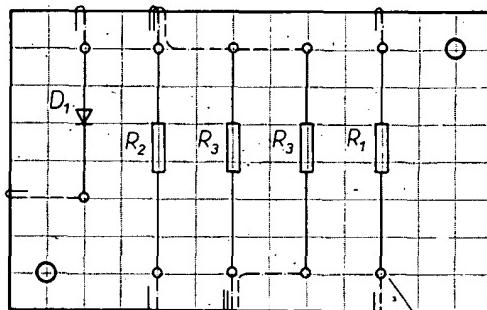
Obr. 12. Rozměry a vrtání předního panelu

Ve zkoušecce lze použít i jiné žárovky než 6V/50mA, jejich vlastnosti jsou v tab. 1

Tab. -1. Údaje žárovek

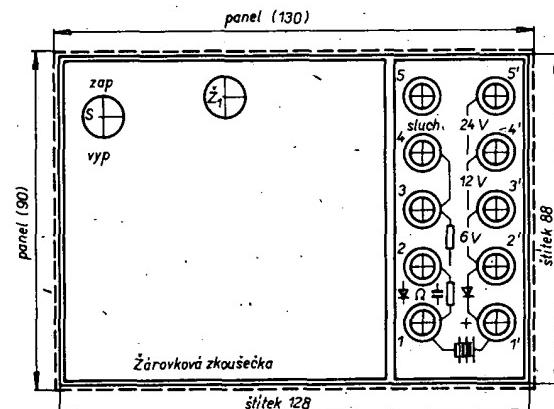
Žárovka	Žhne U [V]	při / [mA]	za studena	Odpor [Ω] rozsvícené žárovky	Poznámka (patice).
2,5 V/0,1 A	0,7	50	8,5	25	E10
2,5 V/0,3 A	0,5	150	0,9	8,3	E10
3,5 V/0,2 A	0,5	100	1,6	17,5	E10
6 V/0,05 A	0,8	20	15	120	E10
7 V/0,3 A	0,7	90	2,4	23	E10
6 V/0,08 A	0,7	270	0,8	7,5	E10
12 V/0,1 A	1,3	40	10	120	E10
12 V/0,05 A	1,7	18	52	240	telefonií
6 V/0,05 A	1,1	25	15,5	120	telefonií

průchodka)
 10 ks zdírka izolovaná (nebo kovová pro přední
 panel z izolantu)
S₁ páčkový spínač
Z₁ žárovka E10, 6 V/0,05 A (nebo telefonní)
D₁ křemíková dioda KY130/80 (nebo jiná pro
 proud alespoň 0,05 A - napětí nerozhod-
 duje)
R₁ vrstvový rezistor uhlíkový 12 Ω, 2 W
R₂ vrstvový rezistor uhlíkový 120 Ω, 0,5 W
R₃ vrstvový rezistor uhlíkový 220 až 240 Ω, 1 W
 1 ks plochá baterie 4,5 V
 Spojovací drát izolovaný barevný, lepidlo RE-
 SOLVAN nebo TENYL, bezbarvý lak (spray).



vývody prostrčit dírou o $\phi 1$ mm, ohnout
a zastříhnout

Obr. 10. Osazení destičky žárovkové zkoušečky a způsob propojení



Pozn. – osy děr kreslit podle výkresního panelu obr. 12

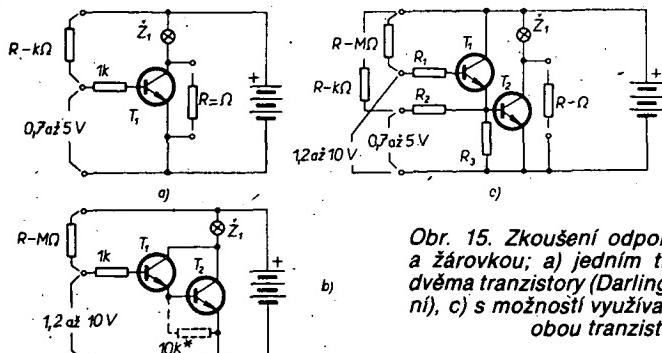
Obr. 13. Rozměry štítku žárovkové zkoušecinky podle A-1a

A-1b Žárovková zkoušečka s tranzistorem

Zkoušečka, kterou jsme si postavili, je jednoduchá, její možnosti jsou však omezeny velkou spotřebou žárovky. Zapojíme-li žárovku do kolektoru tranzistoru a zkoušet budeme v obvodu báze, zmenší se proud ve zkoušeném obvodu tím více, čím větší bude zesilovací činitel tranzistoru. Pro plně rozsvícení žárovky musí protékat kolektorem proud 40 mA . Bude-li zesilovací činitel tranzistoru $h_{21E} = 40$, pak proud báze b_8 musí být 1 mA :

$h_{21E} = I_C/I_B = 40 \text{ mA}/1 \mu\text{A} = 40$. Použijeme-li tranzistor s h_{21E} např. 400 (KC509), pak potřebný proud I_B bude $0,1 \text{ mA} = 100 \mu\text{A}$. Při zkoušení rezistorů tento proud proteče rezistorem $R = U/I = 4,5 \text{ V}/0,0001 \text{ A} = 45 \text{ k}\Omega$. Zkoušečkou lze tedy zkoušet rezistory až s odporem 45 k Ω , kdy ještě žárovka svítí (tranzistor KC509 s $h_{21E} = 400$). Použijeme-li však např. KF507 s $h_{21E} = 40$, bude odpor, při němž bude žárovka svítit, jen 4,5 k Ω . Zapojení žárovky s tranzistorem je na obr. 15a. Do přívodu báze je zapojen ochranný rezistor R_1 , který chrání bázi tranzistoru před přetížením při malém odporu zkoušeného rezistoru. Ochranný rezistor musí omezovat proud báze na dovolenou velikost podle katalogu.

Casto máme k dispozici jen tranzistory s malým zesilovacím činitelem h_{21E} . Pro zkoušení rezistorů velkých odporů si můžeme tzv. Darlingtonovým zapojením



Obr. 15. Zkoušení odporu tranzistorem a žárovkou; a) jedním tranzistorem, b) dvěma tranzistory (Darlingtonovo zapojení), c) s možností využívat jednoho nebo obou tranzistorů

(obr. 15b), při němž celkový zesilovací činitel se rovná součinu h_{21E} obou tranzistorů. Např. při $T_1 = KC508$, $h_{21E} = 200$, $T_2 = KF507$, $h_{21E} = 40$, bude celkový $h_{21E} = 200 \times 40 = 8000$.

Protože $h_{21E} = I_C/I_B$, bude

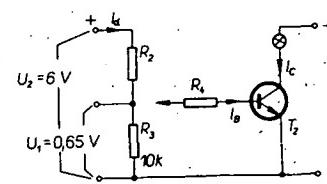
$I_B = I_C/h_{21E} = 40 \text{ mA}/8000 = 0,005 \text{ mA}$; můžeme tedy zkoušet rezistory s odporom až:

$$R = U/I = 4,5 \text{ V} / 0,005 \text{ mA} = 900 \text{ k}\Omega$$

Při praktickém zapojení často zbytkový proud tranzistoru T_1 , „pootevře“ tranzistor T_2 tak, že žárovkou protéká nežádáný proud. Tranzistor T_2 uzavřeme přidáním rezistoru mezi bázi a emitor. Někdy je třeba změnit i zbytkový proud tranzistoru T_1 , zařazením podobného rezistoru, zejména u tranzistorů germaniových. Transistory můžeme zapojit také podle obr. 15c a můžeme zkoušet odpory řádu Ω , $k\Omega$ a $M\Omega$. Zapojení vylepšené zkoušečky je na obr. 16.

Se zkoušecí pracujeme podobně jako s předchozí. Má výhodu ve větším vnitřním odporu, při zkoušení napětí méně zatěžuje zkoušený obvod. Zkouše- né napětí přivede na bázi a emitor tranzistoru T₂ (při tranzistoru n-p-n použi- jeme zdírky 3'-4'). Je-li zkoušené napětí menší než 0,6 V, žárovka se nerozsvítí – tranzistor nevede. Při 0,7 V začne žárovka žhnout a při 0,8 V jasně svítí. Napětí můžeme dále zvětšovat až do mezního dovoleného napětí mezi emitorem a bází – pro KC508 je to 5 V. Při větším napětí hrozí zničení tranzistoru. Tranzistor můžeme zničit nejen větším napětím mezi elektro- dami, ale i nedovoleným proudem. Mezní proud báze I_{BM} pro KC508 je podle katalo- gu 20 mA. Z toho vypočteme dovolené napětí z Ohmova zákona:

Funkce zkoušečky



Obr. 17. Zapojení pro zkoušení napětí většího než 0,65 V

Pro zkoušení větších napětí použijeme R_2 , který tvoří s R_3 dělič napětí. K R_3 je paralelně připojen obvod T_2 s R_4 , což zmenšuje odpor rezistoru R_3 (obr. 17). Vypočteme přibližný vstupní odpor T_2 . Uvažujeme KC508 ($h_{21E} = 200$). Pro potřebný proud žárovky 20 mA (vlákno žhne) bude proud báze

$$I_B = I_C/h_{21E} = 20 \text{ mA}/200 = 0,1 \text{ mA} = 100 \mu\text{A}$$

Vstupní odpor R_{vst} bude přibližně:

$$R_{\text{vst}} = U_B/I_B = 0,65 \text{ V}/0,1 \text{ mA} = 6,5 \text{ k}\Omega.$$

K R₃ je připojen paralelně odpor R_{vst} = 6,5 kΩ, výsledný odpor

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{\text{vst}}} = \frac{1}{10 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{6,5 \text{ k}\Omega}; R = 3,9 \text{ k}\Omega.$$

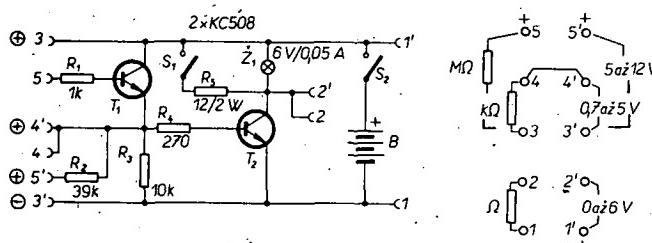
Pro výpočet R_2 musíme znát proud děliče I_d , při němž začne žárovka žhnout. Měřením jsme zjistili na R_3 napětí 0,65 V.

Proud I_d:

$$I_d = U/R = 0,65 \text{ V}/3,9 \text{ k}\Omega = 0,16 \text{ mA.}$$

Chceme, aby R_2 měl takový odpor, aby při 6 V žárovka začala žhnout:

$$R_2 = (U_2/I_d) - R = (6 \text{ V}/0,16 \text{ mA}) - 3,9 \text{ k}\Omega = 33,6 \text{ k}\Omega.$$



Obr. 16. Celkové zapojení žárovkové zkoušečky

Použití zkoušečky

Zdířky: Funkce:

- 1'-2' zkoušení napětí 1 až 6 V (max. 8 V),
zkoušení proudu 20 až 50 mA (max. 60 mA),
zkoušení proudu 100 až 550 mA (se sepnutým spínačem bočníku),
zkoušení baterií a monočlánků,

3'-4' zkoušení napětí od 0,7 do 5 V s malou spotrebou,

3'-5' zkoušení napětí od 6 do 12 V s malou spotrebou (při obojím zkoušení je nutno dodržet polaritu, při střídavém napětí svít žárovka méně),

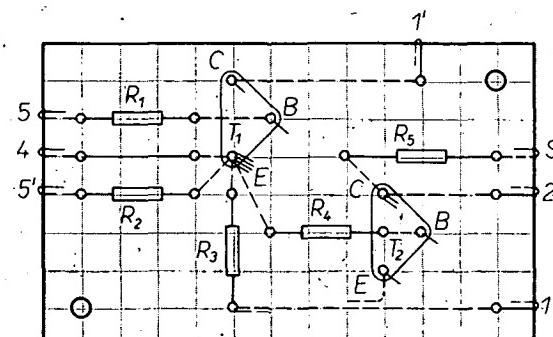
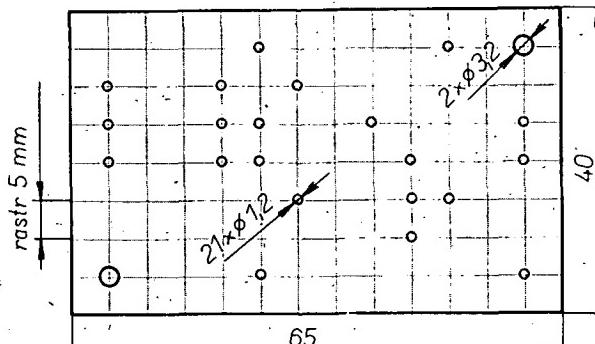
1-2 zkoušení rezistorů 0 až 250 Ω ,
zkoušení elektrolytických kondenzátorů od 1000 μF , zkoušení diod a tranzistorů – jen výkonových!, zdroj stejnosměrného napětí 4,5 V pro malé proudy,

3-4 zkoušení rezistorů od 1 k Ω ,
zkoušení elektrolytických kondenzátorů od 1 μF , zkoušení diod a nf tranzistorů,

3-5 zkoušení rezistorů od 1 M Ω ,
zkoušení kondenzátorů od 47 nF,
zkoušení vf diod a vf tranzistorů, zdroj stejnosměrného napětí 4,5/0,1 A (max. 0,5 A).

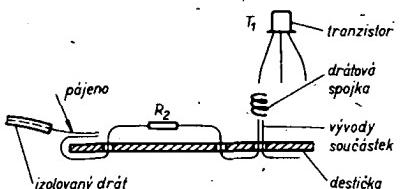
Obr. 18. Rozměry destičky a rozmištění dřízkoušečky.

Obr. 19. Rozmístění součástek a způsob propojení (pohled ze strany součástek)



Provedení zkoušečky

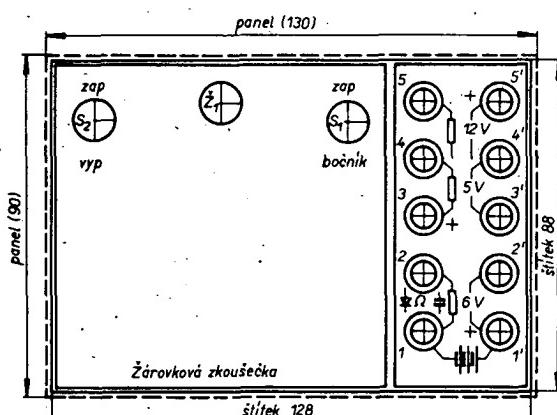
Mechanická část je stejná jako u zkoušečky A-1a, přední panel má o jednu díru pro páčkový spínač více. Zapojovací destička je z izolantu a díry do ní vrtáme podle obr. 18. Díry pro vývody vrtáme vrtákem o $\varnothing 1,2$ mm (jednou dírou provlečeme několik drátů) a pro přichycení destičky o $\varnothing 3,2$ mm. Destičku osadíme součástkami podle obr. 19. Všechny součástky před montáží na destičku změříme – pamatujieme si, že všechny a vždycky! Čárkované čáry na obrázku jsou spoje na straně spojů. Na okraji destičky je každý vývod ukončen ohnutím a zaštípnutím podle obr. 20. V bodech připojení tranzis-



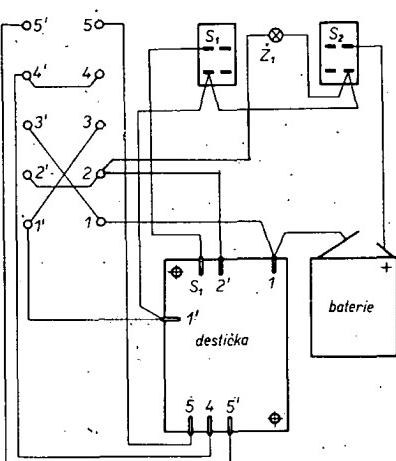
Obr. 20. Způsob provlečení vývodů rezistorů a pájení tranzistorů na destičku

torů provlečeme vývody na stranu součástek, zaštípneme na délku 5 mm a vyuřnáme kolmo k destičce. Na vývody navlečeme spojku délky 3 mm s vnitřním průměrem asi 2 mm, zhotovenou navinutím holého spojovacího drátu na tyčinku nebo vrták o $\varnothing 1,5$ až 1,8 mm a nastříháme na délku asi 3 mm. Spojka drží vývody součástek pohromadě, dobré se pájí. 6 kusy spojek připájíme tranzistory podle obr. 20.

Zkoušečku (panel) sestavíme podle obr. 16 a 21, 22.

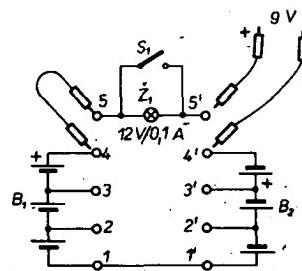


Pozn. - osy děr kreslit podle výkružního panelu obr. 12



Oživení

Nejprve zkontrolujeme správnost zapojení. Připojíme baterii, zapneme spínač S_2 (zapnutí = páčka vzhůru nahoru). Žárovka nesmí svítit. Při propojení zdírek 1-2 se musí rozsvítit. Krátkodobým sepnutím spínače S_1 se přesvědčíme o stavu baterie. Při dobré baterii se svít žárovky změní jen nepatrně. Pozor – nesmíme nechat delší dobu S_1 v poloze zapnuto, baterie se velmi rychle vybíjí. Zkusíme připojit různé rezistory (10 až 270 Ω) a všimneme si, jak se méně svít žárovky. Pak vyzkoušíme obvod T_2 propojením zdírek 3-4. Žárovka se rozsvítí. Zkusíme připojit různé rezistory – žárovka by měla ještě značně žhnout při rezistorech s odporem přes 1 k Ω . Další zkoušku je ověření činnosti T_1 . Propojíme zdírky 3-5 a žárovka se musí opět rozsvítit. Její vlákno musí značně žhnout při propojení rezistoru 680 k Ω až 1 M Ω případně i více – záleží na h_{21E} obou tranzistorů. Nakonec prezkušíme zkoušečku napětím. Do zdírek 1'-2' přivedeme napětí, bez ohledu na polaritu (i střídavé), např. z další ploché baterie – žárovka se rozsvítí. Svítí i při vypnutém spínači S_2 . Další zkoušku je připojení napětí z baterie do zdírek 3' a 4' (plus pól). Žárovka se rozsvítí. Máme-li možnost připojit zkoušečku na výstup regulovatelného zdroje, zjistíme, že žárovka svítí ještě při 0,7 V. Větší napětí než 5 V do zdírky 4' nepřipojujeme – hrozí poškození tranzistoru. Poslední zkoušku je připojení napětí z dvou plochých baterií v sérii do zdírek 3'-5'. Žárovka musí svítit. Svítí ještě při napětí 6 V, nepřipojujeme napětí větší než 12 V! Při zkoušení napětí si uvědomujeme, že připojíme-li do zdírek 1'-2' napětí střídavé nebo stejnosměrné, žárovka svítí stejně, ale při jejich připojení do zdírek 3'-4' nebo 3'-5' svít žárovka při střídavém proudu méně, neboť se napětí jednocestně usměrňuje na přechodu báze-emitor.



Zdírky	Možnosti napájecího napětí
4	+9 V
3	+7,5 V
2	+6 V
1-1'	+4,5 V
2'	+3 V
3'	+1,5 V
4'	0
	-4,5 V
	-6 V
	-7,5 V
	-9 V
	+3 V
	+1,5 V
	-1,5 V
	-3 V
	-4,5 V

Obr. 23. Schéma zapojení jednoduchého bateriového zdroje

rie. Zapojení zdroje je obr. 23; zdroj postavíme opět do panelu. Zdroj na stejném principu lze postavit i z akumulátorů NiCd, které lze dobijet. Použití zapojení dovoluje používat zdroj i jako souměrný s nulou uprostřed (žárovka může být zapojena v obvodu „nuly“). Žárovku můžeme zkratovat spínačem, tím vyřadit ochranu a zvětšit výstupní napětí o úbytek napětí na žárovce. Tento zdroj má omezenou kapacitu, tj. proud (mA) x čas (hodiny), která je daná použitými články baterie, proto jeho zatížení musíme přizpůsobit dovolenému vybijecímu proudu. Pro naš účel vyhoví nejlépe baterie pro tranzistorová rádia, neboť má při malých vybijecích proudech rychlou schopnost zatahování – nejdéle vydrží. Potřebujeme-li větší vybijecí proudy a spokojíme-li se s kratší dobou života, použijeme baterie pro hračky nebo kapesní svítilny (tab. 2).

Tab. 2. Suché články a baterie pro zařízení s tranzistory

Označení IEC	Typ	Jmen. napětí [V]	Vybíjecí odpor [Ω]	Vybíjecí doba [hodin]	Název
6F22	50D	9	900	25	baterie destičková monočlánek
R14	83	1,5	75	70	malý monočl.
R20	87	1,5	40	150	velký monočl.
R14	134	1,5	75	100	malý – papír
R20	144	1,5	40	150	velký – papír
R6	155	1,5	150	110	monočl., tužkový – papír
2R10	224	3	300	100	baterie malá kulatá
3R12	314	4,5	225	100	baterie plachá

Poznámka: Vybijení přerušované – 4 hodiny denně.

a 3). V zásadě lze uvést, že trvale lze suchý článek zatěžovat proudem asi 10 mA na 1 cm² činné plochy zinkové elektrody a krátkodobě je článek schopen dát proud 10x větší.

Se zdrojem pracujeme tak, že zvolíme velikost a polaritu potřebného napětí a do příslušných zdírek připojíme kablíky s bateránky. Minus pól zpravidla vedeme přímo k záteži a plus pól vedeme krátkým kablí-

A-2a Jednoduchý bateriový zdroj

Pro práci s polovodičovými prvky potřebujeme zdroj stejnosměrného proudu. Pro první pokusy stačí suché baterie. Než budeme umět postavit zdroj s plynulou regulací, využijeme sériového zapojení plochých baterií: Zapojíme-li ploché baterie do série a vyuvedeme-li z každého článku vývod na zdírky, získáme přepínačový zdroj. Abychom zamezili přetížení baterií nebo ochránili zkoušený obvod před velkým proudem při případné chybě, využíváme opět žárovky. Můžeme ji připojit kablíkem ke kterémukoli vývodu baterie.

Obr. 22. Zapojovací výkres zkoušečky

Tab. 3. Suché články a baterie pro kapesní svítily

Označení IEC	Typ	Jmen. napětí [V]	Vybíjecí odpor [Ω]	Vybíjecí doba [minut]	Název
R12	113	1,5	5	210	monočl. střední
R20	143	1,5	5	690	monočl. velký
R6	154	1,5	5	75	monočl.
3R12	313	4,5	15	210	tužkový baterie plochá

Poznámka: Vybíjení nepřerušované na určitou, vždy stejnou úroveň (40 až 60 % jmen. napětí), zotavení a znova nepřerušované vybíjení.

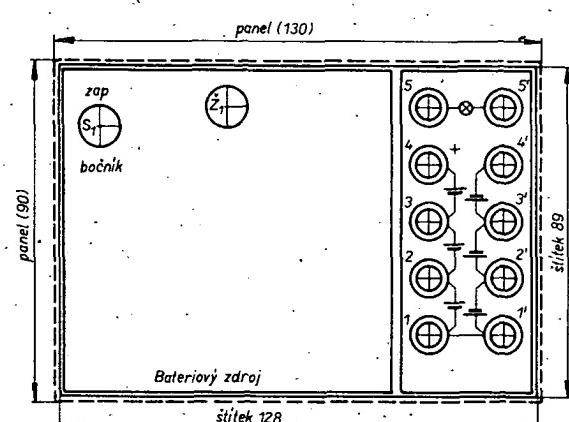
kem na jeden vývod žárovky a z druhého k zátěži. Podle svitu vlákna odhadneme odběr proudu, je-li vše v pořádku, sepneme spínač S_1 , čímž žárovku vyřadíme z obvodu. Ke zdroji si zhotovíme 3 ks kabliků (Cu lanko, průřez 0,35 až 0,5 mm² – 2 kusy delší a 1 kus krátký) s banánky na obou koncích. Dbáme na barvu banánků – červená plus pól, modrá mínus pól.

Trochu počítání

Zajímá-li nás, jak dlouho baterie při práci vydrží, postupujeme takto: ve zdroji budeme mít 2 ploché baterie typu 314. Z tab. 2 zjistíme, že při vybíjecím odporu 225 Ω, tj. při proudu: $I = U/R = 4,5 \text{ V}/225 \Omega = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$ a při vybíjení po 4 hodiny denně má baterie po 100 hodinách provozu ještě napětí 2,7 V. Budeme uvažovat průměrné napětí z celé vybíjecí doby (3,6 V), průměrný proud bude $I = U/R = 3,6/225 = 16 \text{ mA}$. Kapacita baterie Q v miliamperohodinách tedy bude: $Q = It = 16 \text{ mA} \cdot 100 \text{ hodin} = 1600 \text{ mAh}$. Budeme-li odebírat proud 10× větší, tj. 160 mA, bude vybíjecí doba teoreticky 10× kratší.

Provedení zdroje

Mechanická část je stejná jako u zkoušeky A-1a. Štítek na přední panelu zhotovíme podle obr. 24. Po sestavení panelu štítek nalepíme provizorně, neboť budeme zdroj později vylepšovat. Namontujeme závitky, spínač a žárovku. Baterie přišroubujeme příchytkou tak, že budou položeny na sobě k čelu panelu. Vývody připájíme ke závitkám, zapojíme spínač paralelně k žárovce a zdroj je hotov.



Pozn. – osy děl kreslit podle výkresního panelu obr. 12.

Uvedení do chodu

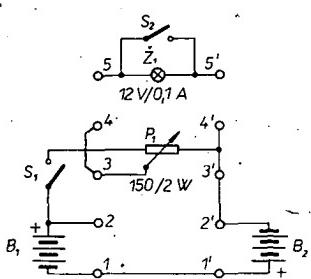
Zkoušecí nebo měřicím přístrojem přezkoušíme napětí na jednotlivých zdírkách, musí souhlasit polarita i velikost napětí.

Rozpis materiálu

- 1 ks kompletní panel se zapojovací destičkou, štítkem, vruty, a 10 ks zdírek (viz A-1a)
- 1 ks držák baterie – Al plech, M5 plech, ocel. pozink. plech 158 × 20, tl. 0,5 až 1 mm
- 1 ks objímka na žárovku E10, nebo průzváka průchodka
- S₁ páčkový spínač
- Ž₁ žárovka E10 – 12 V/0,1 A
- B₁, B₂ baterie plochá 4,5 V, 2 ks

A-2b Bateriový zdroj s regulací tranzistorem

Ze zdroje A-2a můžeme odebírat různá napětí, ale jen po skočích, výstupní napětí nelze reguloval plynule. Chceme-li mít zdroj s plynulou regulací, můžeme použít drátový potenciometr a použít jej jako proměnný dělič napětí (obr. 25). Toto



Obr. 25. Schéma zapojení bateriového zdroje s regulací drátovým potenciometrem

uspořádání je velmi jednoduché, nevýhodou je velká spotřeba děliče. Proud protékající odporem potenciometru (děličem) musí být několikanásobně (5× a u dobrých děličů až 10×) větší, než je proud odebíraný. Budeme-li chtít odebírat ze zdroje proud 11 mA, musí děličem protékat alespoň 55 mA. Odpor drátového potenciometru bude při použití dvou plochých baterií, tj. 9 V, podle Ohmova zákonu:

$$R = U/I = 9 \text{ V}/55 \text{ mA} = 0,16 \text{ k}\Omega = 160 \Omega.$$

Většina drátových potenciometrů je vyráběna v řadě E12, použijeme potenciometr

s nejbližším odporem, tj. 150 Ω. Musíme určit ještě jeho zatížení: $P = U^2/R = 9^2 \text{ V}/150 \Omega = 0,54 \text{ W}$. Ohledem na jemnost nastavení budeme volit potenciometr s větší délkou odporové dráhy, tj. větší typ (2 W), vyráběný pod označením WN69170, případně WN69185. Chceme-li použít potenciometr, který náhodou máme, musíme mit na paměti, že z děliče (potenciometru) lze odebírat proud rovný 1/5 až 1/10 proudu protékajícího děličem. Čím menší odpor bude potenciometr mít, tím větší proud můžeme z jeho běžece odebírat, ale tím více se bude odporová dráha ohřívat a tím rychleji se vyčerpá baterie, i když odběr proudu z běžece potenciometru bude malý (obr. 26a). Zdroje s plynule nastavitelným výstupním napětím se proto řeší jinak: použijeme-li v zapojení tranzistor se zesilovacím činitelem $h_{2IE} = 60$, pak chceme-li odebírat proud až 50 mA, stačí k řízení tranzistoru proud báze I_B :

$$I_B = I_C/h_{2IE} = 50 \text{ mA}/60 = 0,83 \text{ mA}.$$

Potřebný proud z děliče (potenciometru) bude tedy 0,83 mA. Chceme-li, aby se napětí z potenciometru měnilo lineárně, necháme jím protékat proud 10× větší, tj. 8,3 mA. Použitím tranzistoru lze tedy zmenšit značně proud z baterie do děliče (oproti použití samotného potenciometru, navíc lze použít libovolný potenciometr, neboť tepliné ztráty na něm budou nepatrné. Nejvhodnější odpor odporové dráhy bude

$R = U/I = 9 \text{ V}/8,3 \text{ mA} = 1,08 \text{ k}\Omega$, z řady E6 to bude 1 kΩ (obr. 26b). Abychom ochránili tranzistor před zničením při náhodném zkratu, zařadíme do kolektoru ochranný rezistor R_2 , který nepropustí větší proud, než jaký snese kolektor tranzistoru. Použijeme-li jako regulační tranzistor KF507, který má podle katalogu $I_{CM} = 500 \text{ mA}$, bude R_2 :

$$R_2 = U/I = 9 \text{ V}/500 \text{ mA} = 0,018 \text{ k}\Omega = 18 \Omega.$$

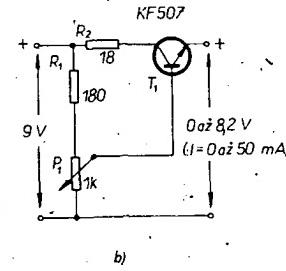
Tepelná ztráta na R_2 při zkratu bude:

$$P_{R2} = UI = 9 \text{ V} \cdot 500 \text{ mA} = 4500 \text{ mW} = 4,5 \text{ W}.$$

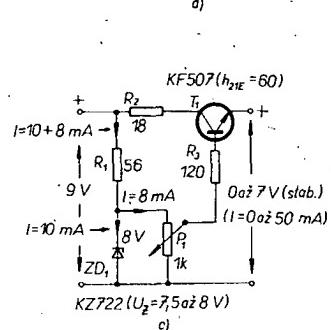
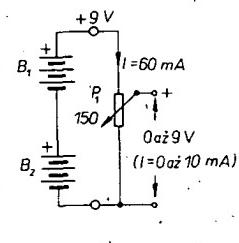
Vzhledem k tomu, že zkrat nebude nikdy trvalý, jen krátkodobý, použijeme rezistor pro zatížení např. 2 W.

Rezistor R_1 chrání bázi tranzistoru před přetížením při otocení běžece potenciometru směrem ke kladnému pólu zdroje; R_1 bude záviset na dovoleném proudu

Obr. 26. Zapojení plynule regulovalného zdroje: a) s drátovým potenciometrem, b) s potenciometrem a regulačním tranzistorem, c) s regulačním tranzistorem a Zenerovou diodou jako stabilizátorem



Obr. 24. Rozměry a provedení štítku zdroje



báze I_{BM} použitelného tranzistoru. Pro KF507 je $I_{BM} = 50 \text{ mA}$; R_1 bude tedy:

$$R_1 = U/I = 9 \text{ V}/50 \text{ mA} = 0,18 \text{ k}\Omega = 180 \Omega.$$

Popisované zapojení za uvedených podmínek pracuje dobře. Napětí lze plynule reguloval potenciometrem. Při změně zátěže nebo při změně baterie se však mění i výstupní napětí – jde tedy jen o regulátor. Maximální výstupní napětí je menší o úbytek na tranzistoru (asi 0,8 V) a o úbytek na R_2 podle odebíraného proudu. Při maximálním odebíraném proudu 50 mA bude na R_2 úbytek:

$$U_{R2} = R_2 I = 18 \Omega \cdot 50 \text{ mA} = 900 \text{ mV} = 0,9 \text{ V}$$

Výstupní napětí lze tedy regulovat v rozmezí 0 až 9 – (0,8 + 0,9) V = 0 až 7,3 V. R_2 je třeba použít pro zatížení 45 mW, vyhoví tedy miniaturní vrstevní uhlíkový rezistor s $P = 0,125 \text{ W}$.

Ve zdroji pracuje tranzistor jako proměnný odpor, budou na něm proto také tepelné ztráty, které se mění podle toho, na jaké napětí je zdroj nastaven, nebo lépe, jaký úbytek napětí na tranzistoru vzniká při odebíraném proudu. Připojíme-li např. ke zdroji jako zátěž rezistor 150 Ω , bude jím při 7,3 V protékat proud asi 50 mA. Ztráty na tranzistoru budou:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 0,8 \text{ V} \cdot 50 \text{ mA} = 40 \text{ mW}.$$

Tranzistor v tomto režimu pracuje jako spínač, je úplně otevřený a proto jím může protékat i značný proud (mezní kolektorový proud) a není výkonově přetížen. Zdálo by se, že můžeme pro zapojení použít jakýkoli tranzistor. Co se však stane, zmenšíme-li výstupní napětí přibližně na polovinu (4 V)? Pak proud v obvodu se stejnou zátěží (150 Ω) bude:

$$I = U/R = 4 \text{ V}/150 \Omega = 0,026 \text{ A} = 26 \text{ mA}.$$

Úbytek napětí na R_2 při proudu 26 mA bude:

$$U_{R2} = R_2 I = 18 \Omega \cdot 26 \text{ mA} = 468 \text{ mV} = 0,468 \text{ V.}$$

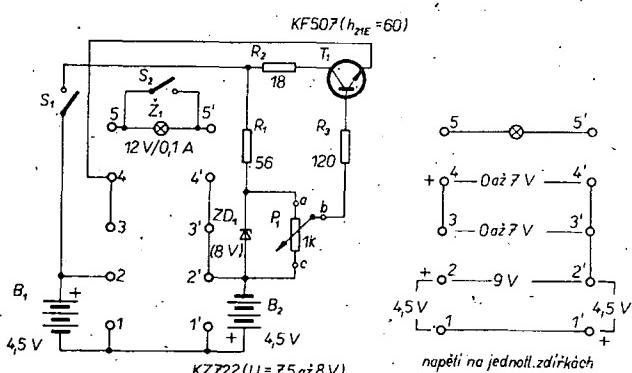
Úbytek napětí na T_1 bude zbytkem z 9 V:

$$U_{T1} = 9 - (4 + 0,468) \text{ V} = 4,532 \text{ V.}$$

Ztráta na tranzistoru T_1 bude:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 4,532 \text{ V} \cdot 26 \text{ mA} = 117,8 \text{ mW}.$$

Jak se bude měnit ztráta na tranzistoru, budeme-li napětí dále zmenšovat, např. na 1 V? Proud zátěží (i v celém obvodu)



Obr. 27. Schéma zapojení stabilizovaného regulovatelného zdroje

bude: $I = U/R = 1 \text{ V}/150 \Omega = 0,0066 \text{ A} = 6,6 \text{ mA}$. Úbytek napětí na R_2 zanedbáváme a na tranzistoru je zbytek z 9 V, tj. $9 - 1 \text{ V} = 8 \text{ V}$. Ztráta na tranzistoru T_1 bude:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 8 \text{ V} \cdot 6,6 \text{ mA} = 52,8 \text{ mW.}$$

Vidíme, že tranzistor je nejvíce výkonově zatěžován při připojení stálé zátěže v okamžiku, kdy je na něm asi polovina napětí zdroje. Jiná situace nastane, připojíme-li na výstup zdroje zátěž, která při napětí 1 V odebírá 50 mA. Ztráta na T_1 bude pak podstatně větší. Tentokrát počítáme i s úbytekem napětí na R_2 . Úbytek na T_1 bude:

$$U_{T1} = 9 \text{ V} - (U_{R2} + U_{vyst.}) = 9 \text{ V} - (0,468 + 1) = 7,53 \text{ V.}$$

Ztráta na tranzistoru T_1 bude:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 7,53 \text{ V} \cdot 50 \text{ mA} = 376,5 \text{ mW} = 0,376 \text{ W.}$$

Vypočtem jsme zjistili, jak je regulační tranzistor různě namáhan za různých podmínek odběru proudu. Chceme-li stanovit správně vhodný typ regulačního tranzistoru (případně i jeho chladiče), je třeba uvažovat všechny možnosti jeho zatěžování. V katalogu najdeme dovolenou ztrátu P_{tot} pro tranzistor KF507 ($P_{tot} = 0,8 \text{ W}$), což našim požadavkům vyhovuje).

Zdroj výstupní napětí nestabilizuje. Vyhodnější je proto zapojení na obr. 26c, kdy se potenciometr (napěťový dělič) napájí ze stabilizovaného napětí 8 V, které získáváme na stabilizační diodě (Zenerova dioda). Výstupní napětí se nemění při změnách napětí napájecí baterie, pokud se její napětí nezmění pod 8 V, kdy se přestává uplatňovat stabilizační účinek Zenerovy diody. Zdroj dává na výstupu napětí regulovatelné od 0 do 7 V, jeho maximální velikost, dáná napětím na Zenerově diodě, od něhož musíme odečíst úbytek napětí na tranzistoru.

Novým prvkem v zapojení je Zenerova dioda. Vzhledem k tomu, že ze stabilizačního Zenerovou diodou odebíráme malý proud, volíme nejmenší typ KZ722 (280 mW). Zenerovo napětí diody je podle katalogu 6,8 až 9,4 V. Pro nás zdroj bychom měli vybrat takovou diodu, která má Zenerovo napětí 7,5 až 8 V. Podle katalogu může protékat diodou proud 1 až 30 mA. Volíme 10 mA. Na diodu můžeme připojit napětí 9 V pouze přes ochranný rezistor R_1 , kterým musí protéci při 9 V proud potenciometru

(8 mA) a zvolený proud diody (10 mA). Celkový proud procházející R_1 bude:

$$I_{R1} = I_{P1} + I_{ZD1} = 8 + 10 \text{ mA} = 18 \text{ mA.}$$

Napětí na R_1 bude rozdílem napájecího napětí baterie (9 V) a napětí na Zenerově diodě U_{ZD1} (8 V), tedy 1 V, R_1 tedy bude:

$$R_1 = U_{R1}/I_{R1} = 1 \text{ V}/18 \text{ mA} = 0,055 \text{ k}\Omega = 55 \Omega.$$

Volíme vyráběný rezistor v řadě E12, tj. 56 Ω , zatížení určete sami. Protože R_1 nevyhovuje jako ochranný rezistor pro bází regulačního tranzistoru, zařadíme zbylý odpor do dříve vypočítaného (180 Ω) přímo do obvodu báze T_1 jako R_3 : $R_3 = 180 \Omega - R_1 = 180 - 56 = 124 \Omega$. Volíme z řady E12 – $R_3 = 120 \Omega$. Konečné provedení zdroje odpovídá zapojení na obr. 27.

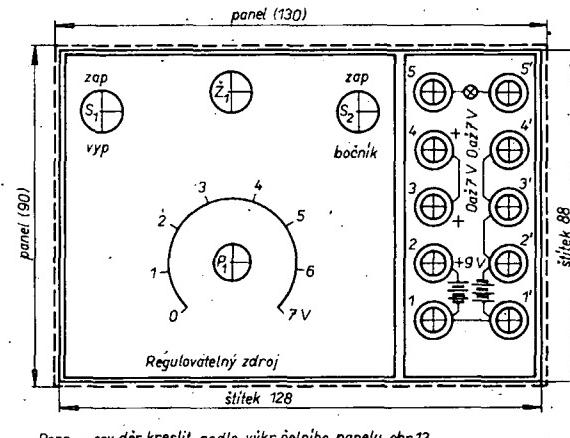
Použití a funkce

Regulovatelný zdroj se stabilizací používáme při uvádění jednoduchých zařízení s malou spotřebou do chodu. Na panelu zdroje zůstává žárovka 12 V/0,1 A s paralelně zapojeným splínačem. Používáme ji jako pojistku, nebo kontrolu odběru.

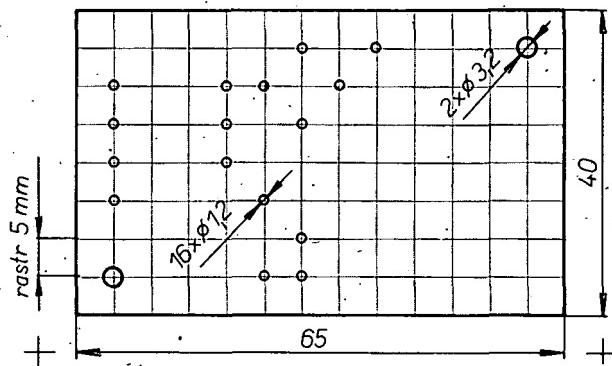
Provedení zdroje

Před zhотовením zdroje se rozhodne, vylepšíme-li zdroj podle A-2a, nebo budeme-li stavět nový. V druhém případě zhотовíme nový panel, se štítkem podle obr. 28. Součástky zapojíme opět na izolační destičce s dírami podle obr. 29, kterou osadíme podle obr. 30.

Ještě k Zenerově diodě: pro správnou funkci potřebujeme diodu s napětím $U_z = 7,5$ až 8 V. Uvedený typ se prodává s napětím $U_z = 6,8$ až 9,4 V. Nemáme-li možnost si diodu vybrat, koupíme diodu s menším U_z , tj. KZ721 s $U_z = 5,6$ až 7,8 V a její Zenerovo napětí zvětšíme podle potřeby obyčejnými křemíkovými diodami, zapojenými do série (obr. 31). Pro naše zapojení můžeme použít jakoukoli diodu. Na přidaných diodách, zapojených v propustném směru, vzniká úbytek napětí asi 0,6 V (vždy rozhodně menší než 1 V), čímž lze podle potřeby zvětšit napětí U_z . Je možné použít i diody germaniové, na nichž je úbytek napětí asi poloviční oproti křemíkovým. Pozor při zapojování na správnou polaritu diod, jinak stabilizátor nemůže pracovat.



Obr. 28. Rozměry a provedení štítku zdroje



Obr. 29. Rozměry destičky zdroje a provedení děr

Použijete-li ve zdroji germaniový tranzistor, velký zbytkový proud způsobí, že zdroj nebude při malém zatížení pracovat od nuly.

Uvedení do chodu

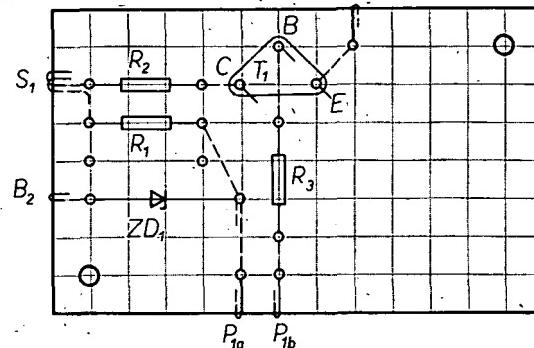
Než připojíme baterie, zkontrolujeme správnost zapojení. Pak připojíme baterie a sepneme spínač S_1 . Voltmetrem nebo zkoušečkou zkontrolujeme napětí a polaritu na zdírkách zdroje. Otáčením běžce potenciometru se přesvědčíme, mění-li se výstupní napětí na zdírkách 3' pól a 3 (kladný pól) od 0 do 7 V. Není-li tomu tak, zkontrolujeme napětí na krajních vývodech potenciometru (střední vývod je běžec), které musí být asi 8 V. Naměříme-li např. 1 V, je Zenerova dioda zapojena obráceně. Je-li na P_1 napětí 9 V, pak je přídavná dioda zapojena obráceně. Pracuje-li zdroj správně, překontrolujeme, zvětšuje-li se napětí, otáčíme-li knoflíkem potenciometru doprava. Jinak zaměníme přívody ke krajním vývodům potenciometru.

Rozpiska materiálu

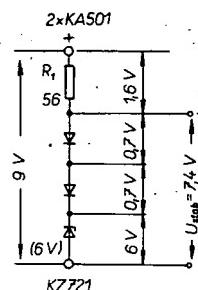
1 ks kompletní panel se zapojovací destičkou, štítkem, vrutu a 10 ks zdírek
1 ks držák baterie - Al plech, Ms plech, ocel, pozink. plech, 158 × 20, tl. 0,5 až 1 mm
1 ks objímka na žárovku E10, nebo pryžová průchodka
 S_1 páčkový spínač
 S_2 páčkový spínač
žárovka E10 - 12 V/0,1 A
 B_1, B_2 baterie plochá 4,5 V, 2 ks
 T_1 tranzistor KF507
 ZD_1 Zenerova dioda KZ722 ($U_z = 7,5$ až 8 V), nebo KZ721 a 1 až 2 ks KA501 apod.
 P_1 potenciometr TP 280, 1 k Ω , lineární
 R_1 vrstvový rezistor uhlíkový, TR 212, 56 Ω
 R_2 vrstvový rezistor uhlíkový, TR 212, 56 Ω
 R_3 vrstvový rezistor uhlíkový, TR 212, 120 Ω

A-3 Multivibrátor s tranzistory

Multivibrátor, jinak zvaný astabilní klopový obvod (nemá trvalý stav - stále se překlápi), je jedním z často používaných přístrojů v dálén radioamatéra. Je častým námětem pro začínající, je jednoduchý a většinou se snadno uvádí do chodu. Multivibrátor může nahradit nízkofrekvenční i vysokofrekvenční generátor a pro svoji jednoduchost je téměř ideálním přístrojem pro začátečníky.

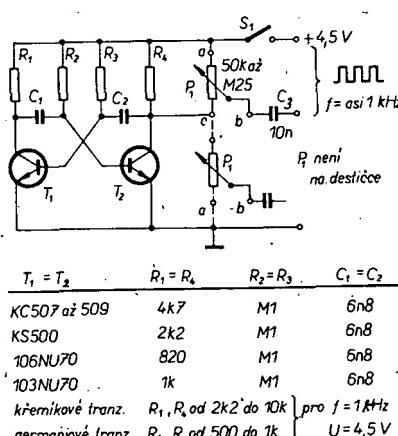


Obr. 30. Rozmístění součástek a způsob propojení



Obr. 31. Zvětšení U_z Zenerovy diody připojením diod

Multivibrátor je v podstatě dvoustupňový zesilovač s odporovou vazbou, z jehož výstupu je zavedena silná kladná vazba přes oba stupně. Vlivem kladné zpětné vazby zesilovač po připojení napájecího napětí kmitá (osciliuje). Protože u multivibrátoru vždy střídavě vede jeden tranzistor, zatímco druhý je nevodivý a opačně, má napětí na kolektorech tranzistorů pravoúhlý průběh. Výstupní signál obvykle o základním kmitočtu 800 až 1000 Hz obsahuje velké množství harmonických kmitočtů (násobků základního kmitočtu). Použijeme-li pro multivibrátor vysokofrekvenční nebo spínací tranzistory, zasahují harmonické kmitočty až do oblasti VKV, případně televize. Zapojení multivibrátoru je na obr. 32. Tvar výstupního signálu závisí na použitých součástkách. Chceme-li, aby výstupní signál multivibrátoru měl délku impulsu stejnou jako mezeru, musíme použít stejně odpory rezistorů, stejně kapacity kondenzátorů a tranzistory musí mít přibližně stejný zesilovací činitel, stejný zbytkový proud a musí být stejněho typu. Kmitočet vý-



Obr. 32. Schéma multivibrátoru v souměrném zapojení

stupního signálu je dán odporem rezistorů R_2, R_3 a kapacitou kondenzátorů C_1, C_2 . Dobu kmitu (T) v sekundách vypočteme přibližně ze vztahu:

$$T [s] = 1,4 R [k\Omega] C [nF] \cdot 10^{-6} = 1,4 \cdot 100 k\Omega \cdot 6,8 nF \cdot 10^{-6} = 0,000952 s.$$

Kmitočet z doby kmitu T je dán vztahem:

$$f [Hz] = 1/T = 1/0,000952 = 1050 Hz.$$

Kmitočet lze určit také přímo::

$$f [Hz] = 1/(1,4R [k\Omega] C [nF] \cdot 10^{-6}) = 1/(1,4 \cdot 100 \cdot 6,8 \cdot 10^{-6}) = 1050 Hz.$$

Multivibrátor podle obr. 32 bude mít kmitočet přibližně 1050 Hz.

Multivibrátor může kmitat i bez R_2, R_3 : průběh signálu není pak pravoúhlý, ale blíží se pilovitému. Kmitočet je potom dán součinem R_1C_1 (R_4, C_2). Kmitočet je ovlivňován také napájecím napětím.

Další zapojení multivibrátoru je na obr. 36 (zapojení s doplnkovými tranzistory). Multivibrátor pracuje s nízkým kmitočtem a jeho výstupní signál rozsvěcuje žárovku, jde o tranzistorový blikáč. Zapojení většinou dobře pracuje i bez odporového trimru P_1 , s ním je však nastavení kmitů snazší.

A-3a Multivibrátor se žárovkou

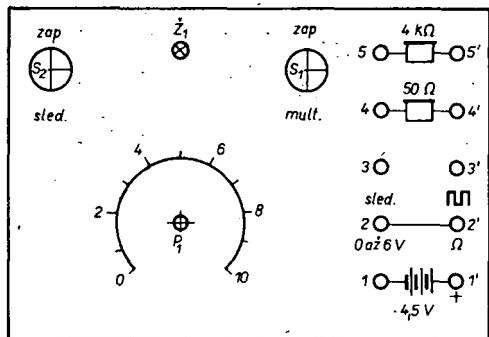
Zapojení je na spojové destičce (mimo panel), můžeme ho použít pro signalizaci apod. Součástkami osadíme destičku způsobem, popsaným u zkoušeček. Díry vrtáme podle obr. 37, osadíme podle obr. 38. Novou součástku, odporový trimr, nasadíme do děr a vývody zahneme, aby v destičce dobře držely, zahnuté vývody nastavíme drátem. Na použité tranzistory nejsou kladený zvláštní požadavky, T_1 může být libovolný typ p-n-p a T_2 (n-p-n) musí snést kolektorový proud, potřebny pro rozsvícení žárovky. Žárovku s větší spotřebou než 0,2 A raději nepoužijeme.

Uvedení do chodu

U zapojení, v němž používáme odporové trimry, nastavíme před zapnutím běžec vždy do střední polohy. Připojíme napájecí napětí 4,5 V a trimrem nastavíme rychlosť blikání 2 až 3 rozsvícení za sekundu. Pak si vyzkoušme závislost funkce blikání na napájecím napětí.

Rozpiska materiálu

1 ks zapojovací destička
žárovka E10, 3,5 V/0,2 A



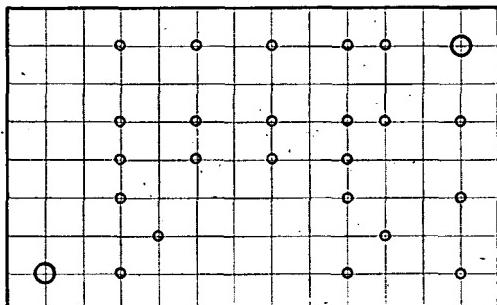
Obr. 33. Uspořádání ovládacích prvků a nápisů na předním panelu pro multivibrátor a sledovač

T₁ tranzistor GC507 až 519 (KF517)
T₂ tranzistor 101NU71 až 104NU71 (KC508)
P₁ odporový trimr TP 040, 0,47 MΩ
R₁, R₂ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 1 kΩ
C₁ kondenzátor elektrolytický, TE 981,
10 µF/6 V

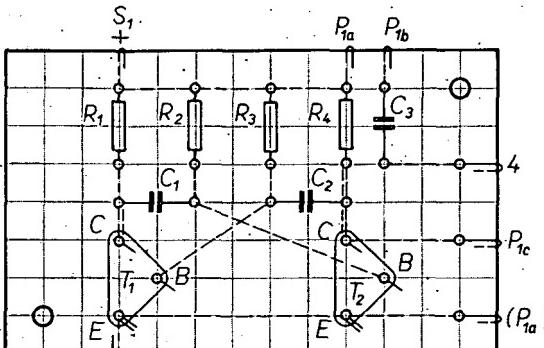
A-3b Multivibrátor v souměrném zapojení

Multivibrátor podle obr. 32 je možné postavit do válcové trubky s hrotom. Podobných návodů byla popsána v literatuře řada. My jej vestavíme do panelové konstrukce s tím, že jej postupně doplníme sledovačem signálu. Rozmístění prvků a použití zdířek je na obr. 33. Zapojovací destičku z izolantu vrtáme podle obr. 34, osazujeme podle obr. 35. Chceme-li získat na vzhledu a zdokonalit provedení destičky, vyvrátíme všechny díry větší ($\varnothing 2,5$ mm) a osadíme je dutými nýtky, do nichž z jedné strany pájíme holé propojuvací dráty a z druhé strany součástky.

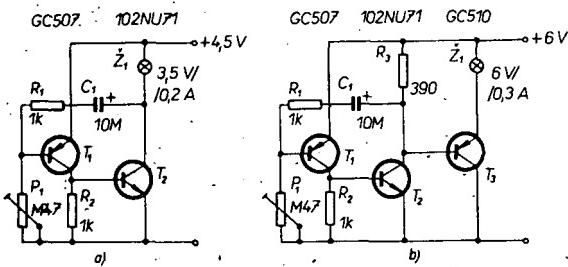
Tranzistory pro multivibrátor lze použít různé. Chceme-li se přiblížit kmitočtu 1 kHz, musíme správně zvolit R₁ a R₄.



Obr. 34. Právědení děr na destičce multivibrátoru (65 x 40 mm)



Obr. 35. Rozmístění součástek a propojení na destičce multivibrátoru



Obr. 36. Zjednodušené zapojení multivibrátoru (blikače) s přímou vazbou; a) blikač s dvěma tranzistory, b) blikač s výkonnéjším tranzistorem

případně C₁ a C₂. Použijeme-li tranzistory p-n-p, nesmíme zapomenout změnit polaritu napájecí baterie. K regulaci výstupního signálu je použit tandemový potenciometr, jehož jedna část slouží k regulaci výstupního napětí z multivibrátoru a druhá k regulaci vstupního signálu budoucího sledovači signálu. Destičku po osazení vestavíme do panelu. Připevníme spínač, žárovku 6 V/0,05 A (její použití není nutné, využíváme jen místa v panelu a zbyvající zdířky), potenciometr a baterie. Před zapojováním si nakreslíme zapojovací plán podle vzoru na obr. 22. Chceme-li použít multivibrátor pro nácvik telegrafie, nezapojujeme do zdířek 2-2' žárovku, ale dráty od spínače. Telegrafním klíčem pak multivibrátor zapínáme v rytmu telegrafních značek.

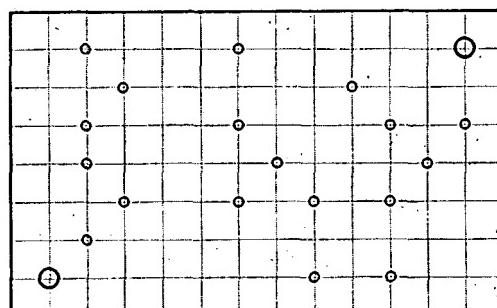
Uvedení do chodu

Do zdířek 3-4 připojíme sluchátka s odporem 2×2000 Ω a zapneme spínač. Ne-

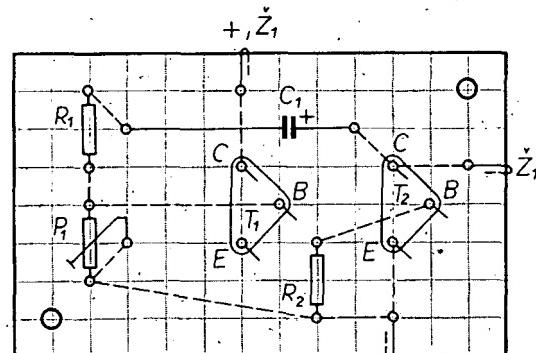
máme-li v zapojení chybou, uslyšíme ve sluchátkách tón. Potenciometrem P₁ můžeme sílu tónu regulovat. Máme-li možnost změnit kmitočet, nastavíme ho na 1 kHz (změnou R₂, R₃, případně C₁, C₂). Nedaří-li se nám uvést multivibrátor do chodu a jsou-li rezistory a kondenzátory v pořádku, je chyba ve velmi rozdílných vlastnostech tranzistorů (je třeba použít dva alespoň přibližně stejné).

Rozpiska materiálu

- 1 ks kompletní panel se zapojovací destičkou, štítkem, vrutem, 10 ks zdířek a držák baterie
- 1 ks objímka na žárovku E10, nebo pryžová průchodka
- Si páčkový spínač
- Z žárovka E10 – 6 V/0,05 A
- T₁, T₂ tranzistor KC508 (může být i typu KS nebo KF atd. nebo jakýkoli jiný n-p-n)
- R₁, R₄ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 4,7 kΩ
- R₂, R₃ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 0,1 MΩ



Obr. 37. Rozměry destičky a provedení děr blikače



Obr. 38. Rozmístění součástek a způsob propojení blikače

C₁, C₂ kondenzátor např. keramický TK 744, 6,8 nF

C₃ kondenzátor např. keramický TK 744, 10 nF

P1 potenciometr lineární tandemový TP 283b, 50 kΩ až 0,25 MΩ

V popisu astabilních klopných obvodů, multivibrátorů, jsme se seznámili s jejich zapojením a použitím. „Pomalý“ multivibrátor (blikáč) používáme pro signalizaci. Potřebujeme-li spínat výkonější žárovku, používáme zapojení z obr. 36b, v němž lze použít i výkonější tranzistor. Dbáme na to, aby se tranzistory T₂ a T₃ skutečně otevřaly a zavíraly, čehož dosáhneme vhodnými odpory rezistorů R₃, R₂, R₃ musí dodat do báze T₃ tak velký proud, aby po vynásobení zesilovacím činitelem h_{21E} byl kolektorový proud rovný nebo raději větší než proud žárovky. Pozor při spínání žárovek na nárazový proud při studeném vláknu žárovky (má za studena 6 až 10× menší odpór). Velmi často se na tento jev u tranzistorových spínačů zapomíná. Tranzistor pak je přetížen.

Při stavbě multivibrátoru ve tvaru zkusební sondy s výhodou používáme dvojici tranzistorů v jednom pouzdro (KCZ58) nebo integrovaný obvod MAA435, MAA525 apod.

A-4 Sledovač signálu

Při práci v radiotechnice často potřebujeme kontrolovat cestu signálu. Nemáme-li k dispozici osciloskop, poslouží dobré pro sledování nf signálu zesilovač, na jeho výstup připojíme buď sluchátka, nebo reproduktor. Zesilovač volíme tranzistorový, jednoduchý a s malým výkonem. Než se rozhodneme jaký, tak trochu teorie:

U zkoušek jsme použili tranzistor jakeho zesilovače stejnosměrného proudu. Na jeho bázi jsme přiváděli vždy jen kladné napětí (tranzistor n-p-n). Při přivedení záporného napětí byl tranzistor zavřen – nepracoval. Chceme-li zesilovat tranzistorem střídavý signál – kladné i záporné půlvlny, musí jeho bázi protékat určitý (klidový) proud, který je pak přivedený střídavým signálem zvětšován nebo změnován. Rátkáme, že tranzistor musí mít nastaven pracovní bod, nastavujeme jej klidovým proudem báze. Protože tranzistory mají značné odchylky v parametrech (tranzistory stejného typu), musíme často nastavovat pracovní bod každého tranzistoru zvlášť, a to nejlépe tak, že místo rezistoru v obvodu báze připájíme odporný trimr a jím nastavíme největší zesílení při nejmenším zkreslení. Obvod nastavujeme generátorem zkusebního signálu a osciloskopem, kterým kontrolujeme tvar i velikost signálu na pracovním odporu tranzistoru. Nemáme-li k dispozici generátor a osciloskop, používáme multivibrátor a sluchátka. Pozor při nastavování – nastavovací trimr nesmíme nikdy nastavit do koncové polohy (0 Ω), neboť pak by na bázi tranzistoru bylo plné napájecí napětí a přechod báze-emitor by se zničil velkým proudem. Vhodné je vždy zapojit do série s trimrem ochranný rezistor (s odporem asi 1/10 odporu trimru).

Protože se vlastnosti tranzistorů mění také s teplotou (tranzistor se při své činnosti zahřívá a nebo se může měnit teplota okolí), musí být zapojení schopno pracovní bod i stabilizovat. Jinak při zvýšení teploty se začne zvětšovat kolektorský proud především germaniových tranzistorů.

zistorů a ty se mohou zničit. V praxi se ustálilo několik základních zapojení zesilovacích obvodů podle požadovaného vstupního a výstupního odporu, stabiliza-

ce pracovního bodu apod. Příklady zapojení ke stabilizaci pracovního bodu a jeho nastavení jsou na obr. 39.

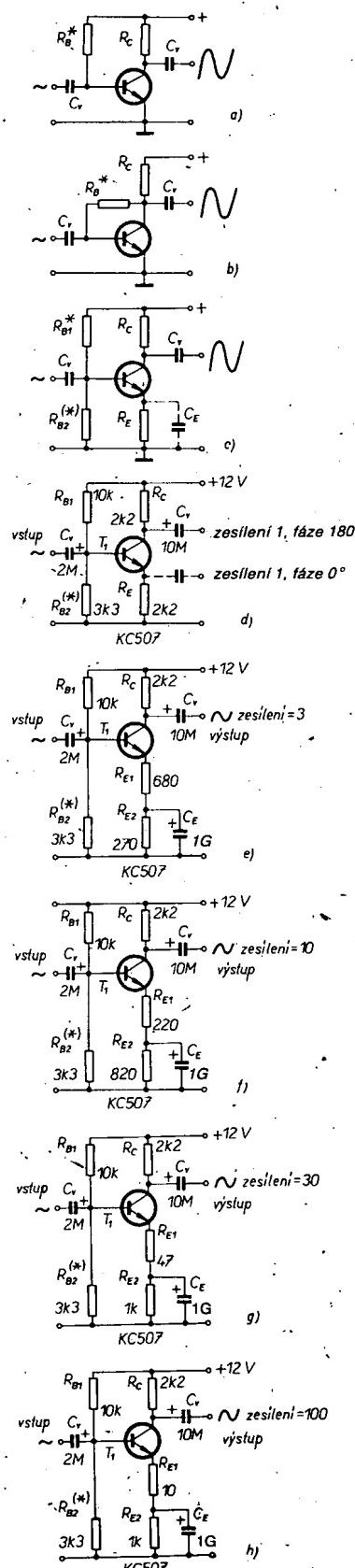
Na obr. 39a proud prochází sériovým rezistorem R_B, zapojený mezi bázi a napájecí zdroj. Úbytek napětí na R_B musí být tak velký, aby bylo dosaženo žádaného napětí báze-emitor. Protože odpor rezistoru R_B je podstatně větší než teplotně závislý odpor přechodu báze-emitor, mění se proud báze s teplotou jen málo. Další výhodou zapojení je velký vstupní odpor. Nevýhodou je, že pracovní bod závisí na h_{21E} tranzistoru, musí se proto nastavovat pro každý tranzistor samostatně.

V zapojení na obr. 39b je stabilita pracovního bodu lepší, než na obr. 39a. Pracovní bod je opět určen proudem báze, který prochází rezistorem R_B. Zvětší-li se např. zmenšenou teplotou proud kolektoru, zvětší se úbytek napětí na rezistoru R_C a zmenší se napětí kolektor-emitor. Tím se rovněž zmenší proud báze i přírůstek kolektorského proudu – ten zůstane přibližně konstantní. Pro dobrou stabilizaci musí mít rezistor R_C co největší odpor, neboť vytváří napěťovou zápornou zpětnou vazbu, která působí jak v klidu (stejnosměrná), tak i tehdy, když tranzistor zesiluje signál (střídavý). Tato záporná zpětná vazba (střídavá) není vždy žádoucí, neboť zmenšuje zesílení a vstupní odpor.

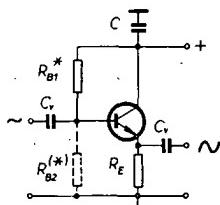
V praxi nejúžinější zapojení je na obr. 39c, pracovní bod je dobře stabilizován. Zvětší-li se proud báze a tím i kolektorský a emitorový proud, zvětší se úbytek na R_E. Napětí emitoru proti zemi se zvětší, a tím se zmenší napětí mezi bází a emitem, tranzistor se „přivře“, proud báze se zmenší, takže stejnosměrné proudy zůstávají při tomto zapojení přibližně konstantní – nezávislé na teplotě okolí. Nevýhodou je malý vstupní odpor – podstatně menší než u předešlých zapojení. Další nevýhodou je, že se část napájecího napětí „spotřebuje“ na R_E. Na tomto rezistoru vzniká záporná zpětná vazba. Zvolíme-li R_E = R_C, bude zesílení zesilovače 1. Pak je jedno, odebíráme-li vstupní signál přes kondenzátor z kolektoru nebo emitoru (obr. 39d). Ke zmenšení záporné zpětné vazby (střídavé) na R_E připojujeme k němu paralelně kondenzátor C_E, jímž je vlastně emitor pro střídavý signál uzemněn. Sdílíme-li R_E ze dvou rezistorů zapojených v sérii a připojíme-li jen k jednomu z nich kondenzátor, můžeme volbou odporu rezistorů nastavit zesílení obvodu (obr. 39c až 39h). Zesílení obvodů podle obr. 39d až 39h je v rozmezí 1 až 100. Vstupní odpor (impedance) je přibližně 2 kΩ, výstupní 1,5 až 2 kΩ.

Zapojení na obr. 39 se vyznačuje tím, že společnou elektrodou pro vstupní a výstupní signál je emitor, jde tedy o zapojení se společným emitem (SE). Tranzistorový zesilovač lze zapojit i se společnou bází a společným kolektorem. U zapojení SE se malým vstupním proudem I_B řídí výstupní proud kolektoru I_C. Výstupní napětí se odebírá z kolektoru a má opačnou fázi než napětí vstupní. Při zvětšujícím se napětí na bázi se zmenší napětí na kolektoru. Tranzistor zesiluje proudově i napěťově a výkonové zesílení je tedy ze všech zapojení největší. Výstupní odpor je větší než odpor vstupní (přibližně): R_{VYST} je asi 20 až 100 kΩ, R_{VST} je 500 Ω až 2 kΩ. Toto zapojení se používá zpravidla u několikaastupňových zesilovačů nf i vf s velkým zesílením.

U zapojení se společným kolektorem (SC) je společnou elektrodou pro vstupní a výstupní obvod kolektor, který je pro střídavý signál uzemněn kondenzátorem C (obr. 40); kondenzátor bývá často součástí zdroje. Výstupní signál se odebírá



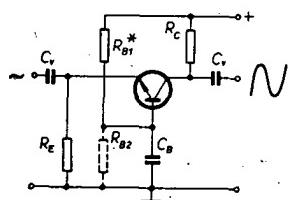
Obr. 39. Příklady zapojení ke stabilizaci pracovního bodu tranzistoru (zapojeního se společným emitorem, SE); a) napájení báze pevným proudem, b) předpětí odporem mezi bází a kolektorem, c) předpětí báze děličem napětí a stejnosměrnou vazbou, d) až h) praktické zapojení s různým zesílením



Obr. 40. Zapojení tranzistoru se společným kolektorem, SC (emitorový sledovač)

z emitoru a má stejnou fázi jako napětí vstupní. Napěťové zesílení je menší než 1 (výstupní napětí je skoro stejně jako vstupní). I když je napěťové zesílení menší než 1, lze dosáhnout jistého výkonového zesílení, protože tranzistor v zapojení SC zesiluje proudově. Předností je velký vstupní odpor (zvláště bez R_{B2}) a velmi malý výstupní odpor: R_{Vst} je asi 30Ω až $20 \text{ k}\Omega$, R_{Vst} asi $3 \text{ k}\Omega$ až $1 \text{ M}\Omega$. Zapojení slouží často jako přizpůsobovací člen – impedanční transformátor, v literatuře se často označuje jako emitorový sledovač.

V zapojení se společnou bází (SB) je společnou elektrodou pro vstupní a výstupní obvod báze, která je pro střídavý signál uzemněna kondenzátorem C_B (obr. 41). Zesílení se řídí vstupním proudem,



Obr. 41. Zapojení tranzistoru se společnou bází, SB

který je vždy o něco větší než proud vstupní. Proudové zesílení je proto menší než 1, napěťové je však velké. Výkonové zesílení je poměrně malé. Výstupní napětí je ve fázi s napětím vstupním. Zapojení se společnou bází má velmi malý vstupní odpor, protože přechod báze-emitor má odpor malý. Výstupní odpor je naopak velký: R_{Vst} je asi $100 \text{ k}\Omega$ až $1 \text{ M}\Omega$ i větší, R_{Vst} asi 25Ω až 500Ω . Zesílovač se společnou bází využívá nejlépe mezního kmitočtu tranzistoru. Používá se nejčastěji u zesílovačů pro VKV.

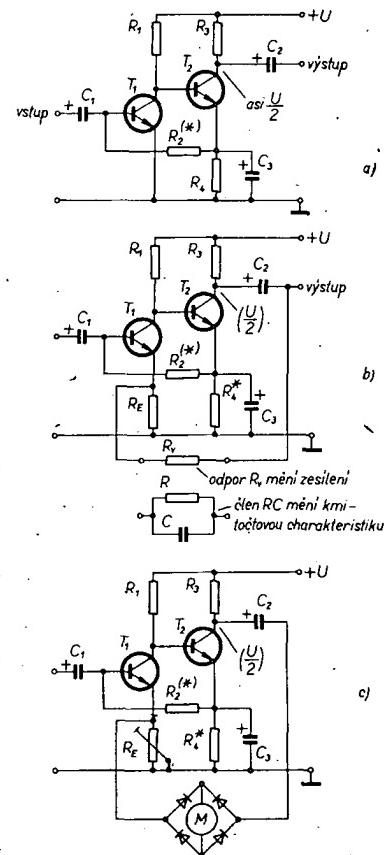
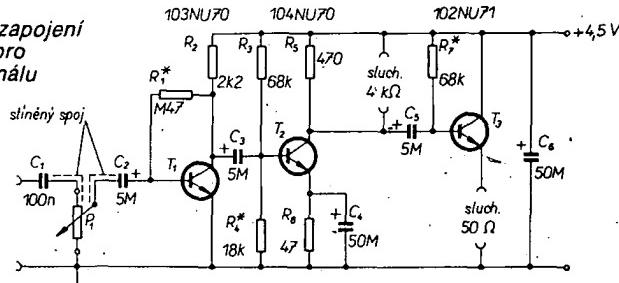
Zapojení sledovače signálu

Pro funkci sledovače zvolíme dvoustupňový zesílovač 2T61 s tranzistory v zapojení SE a s emitorovým sledovačem. První stupeň s věkým vstupním odporem je napájen přes R_1 , jehož odpor zvolíme při nastavování. Druhý stupeň je nejužívanější zapojení (SE) s dobrou teplotní stabilizací, dovoluje připojit místo pracovního rezistoru R_5 výstupní transformátor VT37 a reproduktor. Signál přichází

přes potenciometr (jímž lze ředit vstupní signál) přes oddělovací kondenzátor C_1 na bázi T_1 . Zvětšením napětí mezi bází a emitorem (přivedením nf signálu) se zvětší kolektový proud rezistorem R_2 . Tím se zvětší na R_2 úbytek napětí a zmenší napětí mezi kolektorem a emitorem T_1 (tranzistor se stane „vodivějším“). Tato změna napětí se přenese přes C_3 na bázi T_2 . Zmenšení napětí na bázi T_2 vyvolá zmenšení proudu v kolektoru a tím i zmenšení napětí na R_5 (k němuž lze paralelně připojit sluchátko s velkým odporem). Pracovní bod T_2 je teplotně stabilizován dělícem v obvodu báze (R_3, R_4) a emitorovým stabilizačním rezistorem R_6 . Zvětší-li se při změně teploty kolektový proud, zvětší se i úbytek napětí na R_6 . Tím se zmenší napětí mezi emitorem a bází, čímž se zmenší kolektový proud a tranzistor se „vráti“ do původního stavu či lépe, udržuje se původním pracovním bodem. Aby ke stejnemu jevu nedocházelo při zpracovávání střídavého signálu, je paralelně k R_6 připojen kondenzátor C_4 s velkou kapacitou, který je pro střídavé napětí zkraten. Vliv R_6 se při rychlých změnách neuplatňuje. Kondenzátory C_1 až C_5 mají vliv na přenos signálů nízkých kmitočtů zesílovače. Čím budou mít větší kapacitu, tím nižší kmitočty bude schopen zesílovač přenést a zesílit. Kondenzátory C_2 , C_3 a C_5 (vazební) kromě přenosu střídavého signálu ještě oddělují stejnosměrný proud přiváděný na kolektor tranzistoru ze zdroje od střídavého – zesílovaného signálu. Posledním stupněm sledovače signálu je emitorový sledovač s T_3 . Dovoluje připojit ke sledovači sluchátko s malým odporem.

Popisovaný zesílovač má stupně oddelené vazebními kondenzátory. Jednotlivé stupně mohou být na sebe „vázány“ i přímo (bez vazebního kondenzátoru). Jedno z ustálených zapojení s velkým zesílením bez záporné zpětné vazby je na obr. 43a. Zesílovač se střídavou zápornou zpětnou vazbou (zmenšuje zesílení) vznikne přidáním rezistoru do emitoru T_1 a propojením výstupu zesílovače přes zpětnovazební prvek (rezistor, popř. s kondenzátorem paralelně apod.) s emitorem T_1 (obr. 43b). Čím je odpor rezistoru ve zpětnovazební smyčce menší, tím je menší zesílení v celém kmitočtovém pásmu. Zařazením rezistoru s kondenzátorem do zpětnovazební smyčky se mění zesílení při různých kmitočtech. Vhodnou volbou prvků zpětné vazby lze libovolně měnit kmitočtový průběh zesílovače. Zapojením střídavého měřidla do smyčky zpětné vazby získáme nf milivoltmetr (obr. 43c). Zesílení se pak řídí změnou odporu rezistoru R_E . U tétoho zapojení nastavujeme pracovní bod změnou R_4 u T_2 tak, aby na kolektoru T_2 byla přibližně polovina napájecího napětí. Pracovní bod T_1 je určen rezistorem v bázi. Je-li volen správně, vyhoví i při širokém rozptyle zesílovačního činitele T_1 . Zesílovače se stejnosměrnou vazbou jsou oblíbené při použití křemíkových tranzistorů.

Obr. 42. Schéma zapojení zesílovače pro sledovač signálu

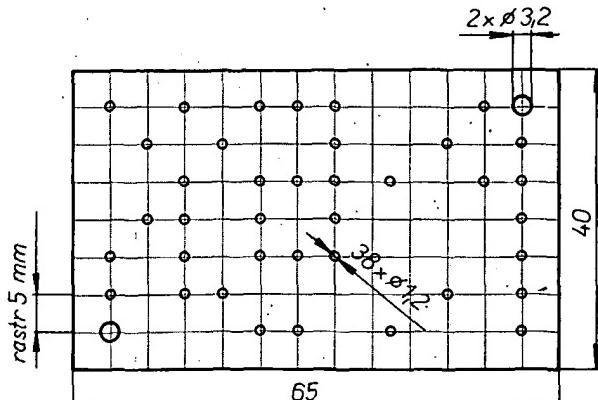


Obr. 43. Zesílovač se stejnosměrnou vazbou (bez vazebního kondenzátoru); a) bez záporné zpětné vazby (velké zesílení), b) se střídavou zápornou zpětnou vazbou (zmenšuje zesílení), c) s obvodem měřidla ve smyčce zpětné vazby (nf milivoltmetr).

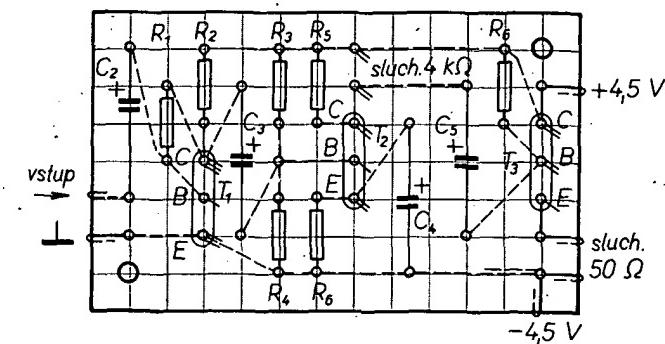
Provedení sledovače

Sledovač signálu postavíme do panelové konstrukce společně s multivibrátorem. Tím vznikne třetí užitečný přístroj. Chceme-li používat reproduktor, musíme mít výstupní transformátor JISKRA VT37 (primární vinutí má 300Ω , 525 z drátu o $\varnothing 0,5 \text{ mm CuL}$, sekundární 4Ω (64 z drátu o $\varnothing 0,5 \text{ mm CuL}$). Transformátor je konstruován pro tranzistory s kolektorovou ztrátou 50 mW . Výkon takového zesílovače je malý, asi 50 mW . Transformátor zapojíme místo R_5 . Reproduktor s transformátorem dáme do zvláštní skřínky a připojujeme do zdírek 5 a 5'. Tranzistor T_3 montujeme tehdy, chceme-li používat sluchátko s malým odporem. Zapojení je na destičce vyvrтанé podle obr. 44, osazené podle obr. 45. Při osazování zatím nepájíme C_2 , C_3 a C_5 a R_1 , R_4 a R_6 , označené hvězdičkou. Osazenou destičku připevníme na základní desku vedle desky multivibrátoru (obr. 46a). Baťerii upevníme na základní desku na výšku plechovým držákem tvaru U, uspořádání volíme s ohledem na místo (obr. 46b). Před montáží destiček polepíme základní desku alobalem, který tvoří stínění.

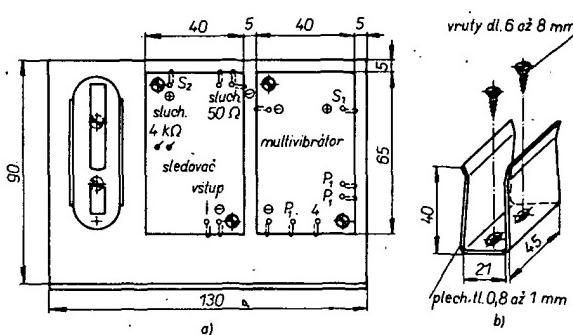
Abychom mohli ovládat jedním knoflíkem výstupní signál multivibrátoru i vstupní signál do sledovače, použijeme tandemový potenciometr. Průběh odpověď dráhy volíme lineární (N), i když pro řízení sledovače by byl výhodnější logarit-



Obr. 44. Rozměry destičky a provedení děr pro sledovač

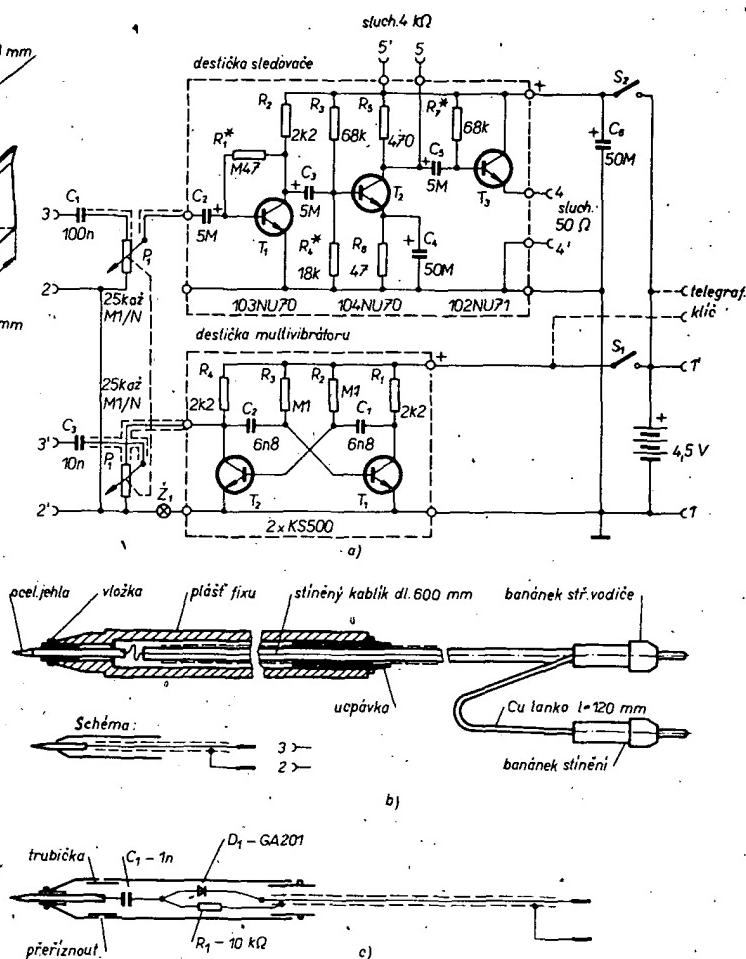


Obr. 45. Rozmístění součástek a způsob propojení sledovače



Obr. 46. Mechanická část sledovače; a) uspořádání destiček a baterie na základní desce, b) tvar držáku baterie a způsob jeho připevnění

mický (G). Místo tandemového potenciometru lze použít dva samostatné potenciometry a dvě stupnice. Přední panel a štítek zhotovíme podle obr. 33 s rozmiery podle obr. 28. Celkové schéma přístroje je na obr. 47 (včetně nf sondy, obr. 47b a včetně sluchátka, obr. 47c). Podle obr. 47a si nakreslíme zapojovací plánek (vzor je na obr. 22) a přístroj zapojíme. Protože chceme použít zdírky 1-1' a 2-2' pro obvod baterie a žárovky jako zdroj a žárovkovou zkoušečku jsou zemnické zdírky 2-2' vstupu sledovače a výstupu multivibrátoru připojeny na – pól baterie velmi neobvykle – přes žárovku. Funkci to nevadí a baterie se žárovkou využijeme ke zkoušení obvodů a rezistorů malých odporů (zdírky 1', 2'), dále ke zkoušení napětí do 6 V žárovkou (zdírky 1, 2). Zkušební sondu nf zhotovíme z plastikového šestihraného pouzdra upotřebených fixů č. 7870, stíněného kablíku a dvou banánků (obr. 47b). Kleštěmi vytáhneme vložku s psacím hrotom, který nahradíme jehlou z ocelového drátu o \varnothing 2 mm. Ucpávku na horním konci pláště provrtáme, prostrčíme stíněný kablík a na kablík navléčeme také plášt' fixu. Kablík musí být tak tenký, aby prošel dírou pro vložku hrotu. Střední vodič kablíku obnažíme v délce 15 mm a stínění zastříhneme tak, aby bylo kratší než izolace středního vodiče asi o 10 mm. Pak připojíme střední vodič k ocelové jehle a opatrne zatahujeme kablík do pláště, až je vložka těsně před špičkou pláště. Kablík na druhém konci pláště uklínujeme v ucpávce tenkými dřevěnými klínky. Pak zatlačíme vložku ocelovou jehlou. Přezkoušíme, nežli spoj jehly a středního vodiče přerušen nebo nemá-li zkrat na stínění a uklínované místo zlepíme epoxidovým le-



Obr. 47. Sledovač signálu s multivibrátorem; a) celkové schéma přístroje, b) provedení zkusební sondy nf, c) provedení zkusební sondy vf

pidlem. Druhý konec stíněného kablíku opatříme banánkem, na plášt' (stínění) připojíme izolované měděné lanko s banánkem tak, aby pájený spoj byl překryt tělesem banánu. Vf sondu zhotovíme podobně, pouze s tím rozdílem, že plášt' fixu přefázíme v dolní části 25 mm od konce, abychom mohli připájet kondenzátor, diodu a odpór. Pak pomocí spojovací trubičky dlouhé asi 15 mm (uřízneme z konce ucpávky) a nastrčené do vnitřku pouzdro slepíme. Lepíme lepidlem Super cement. Kdo má možnost, zhotoví si sondu z kovových trubek, je to výhodnější.

Uvedení do chodu

Před připojením na baterii nejprve zkontrolujeme zapojení. Připojíme baterii

a začneme s nastavováním jednotlivých stupňů.

Nastavení T_3 – místo R_7 : připojíme trimr $100\text{ k}\Omega$ s rezistorem asi $1\text{ k}\Omega$ v sérii. Připojíme – pól kondenzátoru C_5 . Na vývodech 4-4' připojíme sluchátko a na nezapojený + pól kondenzátoru C_5 přivedeme signál z multivibrátoru. Trimrem pomalu otáčíme až najdeme místo, kdy je tón ve sluchátku nejsilnější. Pak odpojíme rezistor s trimrem, změříme jejich odpor a nahradíme je pevným rezistorem. Kondenzátor C_5 připojíme napevno.

Nastavení T_3 – místo R_7 : připojíme trimr $33\text{ k}\Omega$. Připojíme – pól C_3 a na + pól – přivedeme signál z multivibrátoru přes potenciometr (co nejmenší vstupní signál). Ve sluchátku na vývodech 4-4' uslyšíme tón. Otáčením trimru $33\text{ k}\Omega$ nastavi-

me nejsilnější tón. Trimmer změříme a nahradíme rezistorem, C_3 připojíme napětno.

Stejným způsobem nastavíme T_1 , R_1 nahradíme trimrem až asi $1\text{ M}\Omega$. Chceme-li použít reproduktor, nezapojujeme obvod tranzistoru T_3 a primární vinutí výstupního transformátoru zapojíme na vývody 5–5'. V kolektoru T_2 vynecháme R_5 . Nemáme-li možnost změřit odpory nastavených trimrů, odhadneme je alespoň podle nastavení běžečky na odpovídající dráze (je-li běžečka trimru v polovině dráhy, je odpór trimru poloviční).

Nejlépe a nejpřesněji lze nastavit pracovní body jednotlivých stupňů nf generátorem a osciloskopem.

Oživenou desku sledovače připevníme na panelovou jednotku se zdírkami, spínačem, potenciometrem, žárovkou a baterií. Spoje mezi vstupem sledovače, případně výstupem multivibrátoru a potenciometrem zhotovíme stíněným drátem. Po zapojení přístroje vyzkoušíme: na zdírkách 1–1' musí být napětí baterie, na 1' plus pól. Propojením 1' a 2' se musí žárovka rozsvítit bez ohledu na polohu spínačů. Po připojení vnější baterie na 1 a 2 musí žárovka svítit bez ohledu na polaritu. Pak připojíme sluchátko do zdírek 4 a 4' a nf sondu do zdírek 2 (stíněných) a 3 a zapneme spínač S_1 . Dotkneme-li se prstem hrotu sondy (potenciometr vytvořen do prava), musíme slyšet ve sluchátku síťový brum. Pak zapneme spínač S_2 (multivibrátor) a hrotom sondy se dotkneme zdírky 3'. Otáčením knoflíku regulujeme sílu tónu. Obdobně vyzkoušíme funkci sluchátek s odporem $4\text{ k}\Omega$ ve zdírkách 5–5'. Budeme-li používat jen jeden typ sluchátek, můžeme využít zbylých zdírek jako vývodů pro telegrafní klíč k nácviku telegrafních značek. Zdírky jsou pak připojeny paralelně ke spínači S_2 .

Vf sondu připojíme do zdírek 2 (stíněných) a 3. Zapneme spínač S_1 a ve sluchátkách můžeme sledovat cestu vf signálu v přijímači od vstupního laděného obvodu až k detektční diodě (obě sondy lze použít pouze u tranzistorových přijímačů!). Pak zaměníme vf sondu za nf a sledujeme cestu nf signálu až k reproduktoru. Při práci s nf sondou musíme propojit kablíkem kostru zkoušeného přístroje s kostrou sledovače (zdírka 2 nebo 2').

Ve sledovači lze použít nf tranzistory se zesilovacím činitelem 50 až 120. U křemíkových nf tranzistorů typu KF507, KC507 až 509 použijeme při nastavování odporevé trimry až s dvojnásobným odporem, než jaký je na schématu. U multivibrátoru můžeme použít jakékoli tranzistory, nejlépe vf nebo spínací. Při nastavování zesilovače je výhodné měřit odběr proudu milampérmetrem.

Rozpis materiálu

- 1 ks kompletní panel – viz A-3b
- R_1 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $0,47\text{ M}\Omega$
- R_2 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $2,2\text{ k}\Omega$
- R_3, R_7 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $68\text{ k}\Omega$
- R_4 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $18\text{ k}\Omega$
- R_5 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $470\text{ }\Omega$
- R_6 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $47\text{ }\Omega$
- C_1 kondenzátor svitkový TC 181, 100 nF
- C_2, C_3, C_5 kondenzátor elektrolytický TE 984, $5\text{ }\mu\text{F}$
- C_4, C_6 kondenzátor elektrolytický TE 981, $50\text{ }\mu\text{F}$
- S_2 páčkový spínač
- T_1 tranzistor 103NU70 (104NU70, 155 až 156NU70, KF...)
- T_2 tranzistor 104NU70, lèpe 105 až 107NU70, 101 až 104NU71 (KF507)
- T_3 tranzistor 102NU71 (101 až 104NU71, KF507, KC507 až 509)

nf a vf sonda:

- 2 ks pouzdro od fixu č. 7870
- 1,2 m stíněný kabel mikrofonní
- 4 ks banánek
- C_1 kondenzátor keramický TK 724, 1 nF
- D₁ vf dioda germaniová, GA201 nebo jiná
- R_1 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $10\text{ k}\Omega$

Účelem stavby sledovače signálu s multivibrátorem bylo získat třetí potřebný přístroj pro začátek. Záměrně bylo vybráno zapojení starší koncepce s germaniovými tranzistory, které lze snadno nahradit tranzistory křemíkovými úpravou odporů rezistorů v bázích. U T_2 zvětšujeme R_4 , případně i R_3 . Dále při nahraďte tranzistorům dbáme na zesilovací činitel T_1 a T_2 , nesmí být velký. Zesílení je pak velké a zesilovač má sklon ke kmitání (piskání apod.). Nedoporučuje se použít oba tranzistory typu KC507 až 509 pro jejich velký zesilovací činitel. Chceme-li experimentovat s tranzistory KC507 až 509 (KC147 až 149), je lepší použít modernější zapojení se stejnomožnou vazbou podle obr. 43b, u něhož lze zesílení nastavit rezistorem R_V .

Použití reproduktoru je komplikované výstupním transformátorem. Typ VT37 se již nevyrobí, je ho možné získat jen ze starých zásob. Je možné použít i výkonější tranzistor 102NU71 apod. a jiný typ transformátoru. Pamatujieme, že impedance primárního vinutí transformátoru nahrazuje pracovní odpór v kolektoru koncového tranzistoru, a má mít přibližně stejnou velikost.

A-5 Jednoduchý přijímač na sluchátka

V přijímači (obr. 48) je použit tranzistor jako vf zesilovač, diody jako vf usměrňovač (detektor) a zdvojovač napětí.

Přijímač slouží pro příjem rozhlasových stanic v pásmu středních vln. To je délka vlny

$$\lambda = 186,9 \text{ až } 571,4 \text{ m.}$$

Výhodnější je údaj v počtu kmitů za sekundu (kmitočet) v kHz nebo MHz, což je:

$$525 \text{ kHz (} 571,4 \text{ m) až } 1605 \text{ kHz (} 186,9 \text{ m).}$$

Čím je vlna delší, tím má nižší kmitočet. Délku vlny λ v metrech vypočítáme z konstanty pro rychlosť šíření rádiových vln $c = 300 000 \text{ km/s}$ (stejná jako rychlosť šíření světla) a kmitočtu v kHz $\lambda [\text{m}] = c [\text{km/s}] / f [\text{kHz}]$.

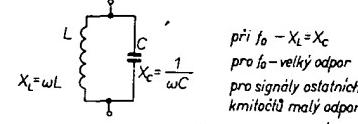
Vysílač Praha má kmitočet nosné vlny $f = 638 \text{ kHz}$. Délka vlny λ je tedy $c/f = 300 000 / 638 = 470,2 \text{ m}$)

Známe-li délku vlny, vypočteme kmitočet vysílače ze vztahu $f [\text{kHz}] = c [\text{km/s}] / \lambda [\text{m}]$.

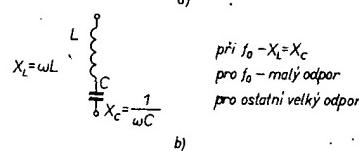
Vysílač Brno vysílá na délce vlny 314,7 m. Jaký je kmitočet nosné vlny vysílače? Kmitočet

$$f = c/\lambda = 300 000 / 314,7 = 953 \text{ kHz.}$$

U přijímače si vybíráme přijímanou stanici ze směsi velkého množství signálů vysílačů, zachycených anténou, laděným (rezonančním) obvodem. Laděný obvod je tvořen cívkou a kondenzátorem. Jsou-li zapojeny paralelně (obr. 49a), jde o paralelní rezonanční obvod – při rezonanci má velký odpór a přivedený vf signál vysílače (jehož kmitočet je stejný jako rezonanční kmitočet laděného obvodu) elektricky rozkmitá laděný obvod a napětí na něm se několikanásobně zvětší – toto nakmitané napětí vedeme dále do přijímače a zesílené (detekované) posloucháme. Pro signál rezonančního kmitočtu má tento obvod



při $f_0 = X_L = X_C$
pro f_0 – velký odpór
pro signály ostatních
kmitočtů malý odpór



při $f_0 = X_L - X_C$
pro f_0 – malý odpór
pro ostatní velký odpór

Obr. 49. Schéma zapojení rezonančního obvodu a) paralelního a b) sériového

velký odpór a pro ostatní signály představuje zkrat, neboť signály nižších kmitočtů projdou cívku a vyšších kondenzátorem. Zapojíme-li stejnou cívku a stejný kondenzátor do série (obr. 49b), je rezonanční kmitočet stejný, ale rezonanční obvod má opačnou vlastnost. Při rezonanci má velmi malý odpór a pro přivedený rezonanční kmitočet představuje zkrat. Ostatní kmitočty na tomto obvodu nejsou tlumeny. Používá se proto pro odladovače silného rušivého signálu apod.

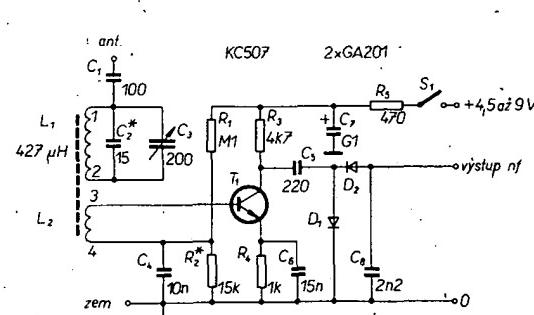
Rezonanční kmitočet (f_0) každého laděného obvodu vypočteme ze vztahu (jednotky základní: Hz, H, F)

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

zjednodušen $f = 0,159 / \sqrt{LC}$, kde L je indukčnost cívky a C je kapacita kondenzátoru.

Pro použití jednotek užívaných v radio-technice (MHz, μH , pF) upravíme vztah na $f_0 = 159 / \sqrt{LC} = \sqrt{25330 / LC}$.

Při konstrukci laděného obvodu pro přijímač vydeme z maximální kapacity ladícího kondenzátoru, který máme k dispozici. Může být 350 až 500 pF. Např. ke kondenzátoru C_L o maximální kapacitě 350 pF vypočteme indukčnost cívky pro



nejnižší kmitočet středních vln 0,525 MHz ze vztahu:

$$L = \frac{25330}{fC} = \frac{25330}{0,525^2 \text{ MHz} \cdot 350 \text{ pF}} = 262,5 \mu\text{H}$$

Pro danou cívku vypočteme nejmenší kapacitu ladícího kondenzátoru pro horní rozsah středních vln 1,605 MHz ze vztahu:

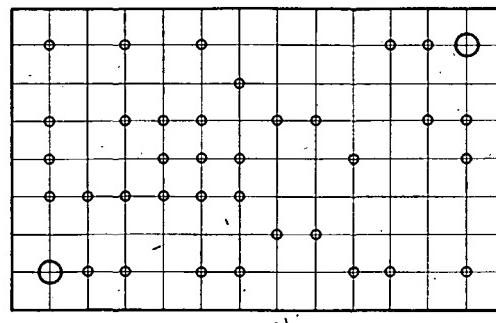
$$C = \frac{25330}{fL} = \frac{25330}{1,605^2 \text{ MHz} \cdot 262,5 \mu\text{H}} = 37,4 \text{ pF}$$

Ověřili jsme si výpočtem, že rozsah středních vln s danou cívkou a kondenzátorem obsahneme.

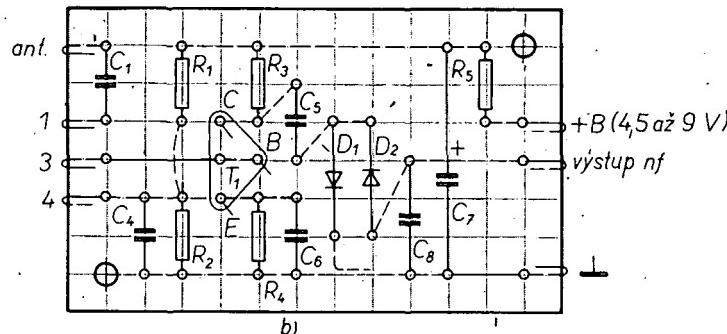
Nakmitané napětí na laděném obvodu přivádíme na bázi T_1 vazební cívku o několika závitech. Druhý konec vazební cívky je v zeměném kondenzátoru C_4 . Zesílený signál je veden z kolektoru tranzistoru kondenzátem C_5 na detektor ze dvou diod, zapojených jako zdvojovací napětí. Detekovaný (usměrněný) výstupní signál vede na vyhlašovací (filtracní) kondenzátor C_8 , k němuž připojíme sluchátka s velkým odporem, nebo potenciometr a zesilovač pro reproduktor. Vnější anténa, (kus drátu) je k laděnému obvodu připojena přes anténní kondenzátor C_1 , 50 až 100 pF, aby laděný obvod nebyl příliš tlumen. Druhý konec laděného obvodu by měl být připojen na -pól baterie (zem). Někdy jsou výsledky lepší bez galvanického připojení a laděný obvod je uzemněn jen přes vazební cívku (uzemněnou kondenzátem C_4).

Provedení

Pro mechanickou stavbu využijeme opět panelové jednotky. Přijímač postavíme na zapojovací děrované destičce z izolantu s dírami podle obr. 50a, kterou osadíme podle obr. 50b součástkami kromě R_2 . Ladící kondenzátor a feritová anténa jsou mimo destičku, abychom mohli použít jakýkoli typ. Jsou upevněny na čelním panelu – kondenzátor šroubkou a feritová tyčka držáky v tvaru L (obr. 51). Rozmístění ovládacích prvků a využití zdírek je na obr. 52. Cívku navineme na papírovou nebo plastikovou trubičku délky asi 50 mm, která musí být volně posuvná po feritové tyčce. Vineme výlankem (izolované lanko pro vinutí výlankem) nebo drátem o Ø asi 0,3 až 0,6 mm CuL, závit vedle závitu jako válcovou cívku v jedné vrstvě. Začátek a konec vinutí zajistíme zakápnutím zašlávací hmotou z ploché baterie. Počet závitů je 50 až 90 podle vlastností feritové tyčky. Navineme raději více závitů, indukčnost změříme na můstku a odvinutím nastavíme vypočítanou indukčnost přesně. Pamatujeme, že in-

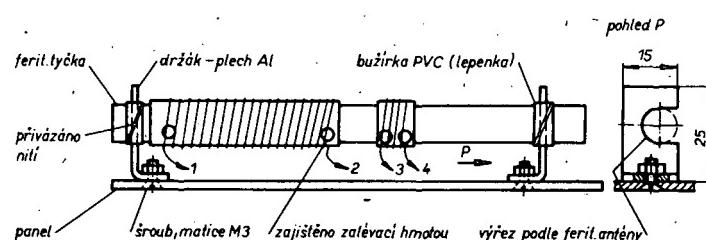


a)



b)

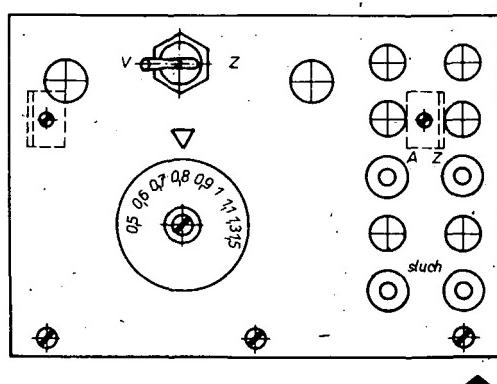
Obr. 50. Destička pro jednoduchý přijímač; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek



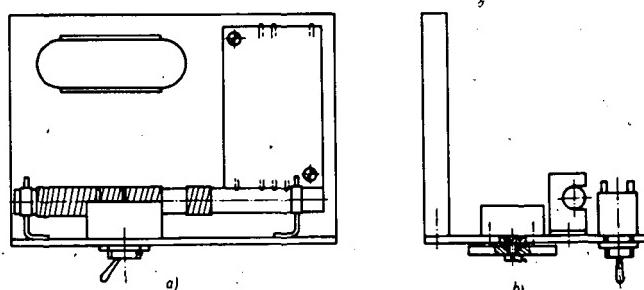
Obr. 51. Způsob připevnění a uspořádání feritové antény

dukčnost cívky je úměrná druhé mocnině počtu závitů! Při měření je cívka nasunuta na feritové tyčce tak, že střed cívky je asi v jedné třetině délky tyčky. Posuváním cívky po tyčce lze měnit její indukčnost. Cívka uprostřed tyčky má největší indukčnost a nejhorší jakost Q, na kraji tyčky nejmenší indukčnost a nejlepší Q. Stejně jako ladící cívku zhotovíme cívku vazební, tj. na samostatnou trubičku (několik závitů papírového proužku šířky 10 mm). Závitů je 10, drát o Ø 0,5 až 0,8 mm s izolací PVC. Vazební cívku navlékneme vedle

cívky ladící ke středu feritové tyčky tak, aby vinutí byla vinuta stejným směrem (obr. 51). Konec cívky zapojíme podle obr. 48. Celkové uspořádání na panelové jednotce je na obr. 53. Ladící kotouček (knoflík) použijeme ze starého tranzistorového přijímače, nebo jej vyrábíme výkružníkem z novodurové nebo jiné izolační desky. Narýsujeme osy, vyvráťme díru o Ø 3,2 mm pro šroubek M3. Lůžko pro konec hřídele ladícího kondenzátoru zhotovíme „vylisováním za tepla“ zbrošeným trnem z hřídele starého potenciomet-



Obr. 52. Uspořádání ovládacích prvků na předním panelu při stavbě přijímače do malé panelové jednotky



Obr. 53. Mechanické uspořádání přijímače v malé panelové jednotce; a) pohled shora, b) pohled z boku a přišroubování ladícího kotoučku (knoflíku)

ru. Ten ohřejeme na vříci, uchopíme do plochých kleští, vystředíme podle os na kotoučku a zamáčkneme. Často stačí jen kotouček s dírou pro šroub M3, z obou stran ocelové podložky o Ø 3,2 a kotouček drží na hřideli kondenzátoru třením.

Uvedení do chodu

Před připojením napájecího napětí zkонтrolujeme zapojení a připojíme místo R_2 odporový trimr asi 68 kΩ (běžec ve středu dráhy). Připojíme sluchátko s velkým odporem, anténu a baterii 4,5 V přes miliampmetr 50 až 100 mA, který po nabité C_7 přepneme na nižší rozsah. Odběr proudu je při správném zapojení asi 1 mA. Je-li vše v pořádku, zvětšíme napájecí napětí na 6 V a otáčíme ladícím kondenzátorem, až zachytíme nejsilnější stanici. Trimrem nastavíme nejsilnější nezkreslený příjem. Změříme odpor trimru a nahradíme ho pevným rezistorem. Pak měníme polohu vazební cívky tak, až dosáhneme největší hlasitosti a nejlepší selektivity (oddělení stanic – nesmí se míchat) – tím je nastavení skončeno. Budeme-li provozovat přijímač jen se sluchátky s velkým odporem, stačí napájecí napětí 4,5 V. Chceme-li použít reproduktor, je lépe zesilovač napájet napětím 6 až 9 V a pracovní bod nastavovat při tomto napájecím napětí. Kondenzátorem C_2 , 5 až 25 pF, nastavíme konec ladícího rozsahu 1,6 MHz, můžeme jej však vynechat.

K použitým součástkám: tranzistory – dobré výsledky jsou s KC507 až 509, právě tak dobré se spinacími tranzistory KS500 a KSY21, s germaniovými 156NU70 o trochu horší – jejich použití vyžaduje upravit počet závitů vazební cívky a změnit R_1 a R_2 . Diody je třeba použít zásadně vysokofrekvenční a germaniové.

Na přijímači si ověříme činnost sledovače signálu. Připojíme vf sondu k mísitům, kde prochází vf signál, bod A až C, a sledujeme cestu signálu a jeho velikost. Sonda nf připojíme do bodu D a E. Čím postupujeme dále od antény, měl by být signál silnější. Do stejných míst připojujeme multivibrátor – postupujeme opačně od sluchátek (reproduktoru) až k anténě a snadno najdeme vadné místo, odkud signál už neprochází. Multivibrátem sledujeme průchodnost signálu a sledovačem lze najít i místo, odkud je signál zkreslen; nezapomeneme však reguloval knoflíkem citlivost, neboť při velkém vstupním napětí může zkreslovat i sledovač.

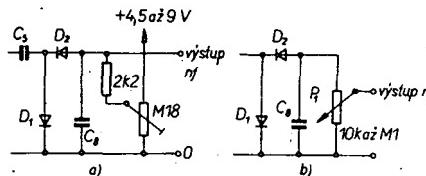
Rozpiska materiálu

- 1 ks kompletní panel – viz A-3b
- R_1 vrstvový rezistor uhlikový TR212, 100 kΩ
- R_2 vrstvový rezistor uhlikový TR 212, 15 kΩ
- R_3 vrstvový rezistor uhlikový TR 212, 4,7 kΩ
- R_4 vrstvový rezistor uhlikový TR 212, 1 kΩ
- R_5 vrstvový rezistor uhlikový TR 212, 470 Ω
- C_1 kondenzátor keramický TK 755, 100 pF
- C_2 kondenzátor keramický TK 755, 15 až 47 pF
- C_3 ladící kondenzátor WK 704 23, 2 x 200 pF nebo jakýkoli jiný s max. kapacitou 200 až 500 pF
- C_4 kondenzátor keramický TK 744, 10 nF (i TC 181)
- C_5 kondenzátor keramický TK 754, 220 pF
- C_6 kondenzátor keramický TK 744, 15 nF (i TC 181)
- C_7 kondenzátor elektrolytický TE 984, 100 µF
- C_8 kondenzátor keramický TK 744, 2,2 nF (i TC 181)
- T₁ tranzistor křemíkový KC507 až 509 (viz text)
- D₁, D₂ vf dioda germaniová GA201
- S₁ páčkový spínač
- L₁ ladící cívka 50 až 90 závitů vf lanka nebo drátu o Ø 0,3 až 0,6 mm CuL

L₂ vazební cívka 8 až 10 závitů, drát 0,5 až 0,8 mm v PVC
 1 ks feritová tyčka
 2 ks držák feritové tyčky – Al plech 15 × 35 mm, tl. 1 až 1,5 mm
 1 ks ladící kotouček, např. Ø 35 až 40 mm, tl. 3 mm

Účelem stavby jednoduchého přijímače bylo seznámit se s laděním obvodu, vč. tranzistorovým zesilovačem a diodovým detektorem. Konečnému vzhledu přijímače není věnována pozornost.

Chceme-li používat přijímač se zesilovačem a reproduktorem, připojíme na výstup přijímače potenciometr 10 kΩ/G (5 až 25 kΩ) jako regulátor hlasitosti (obr. 54b). Na běžec potenciometru připojíme vstup zesilovače. Potenciometr upevníme na přední panel. Přijímač hraje bez vnější antény jen v blízkosti vysílače.



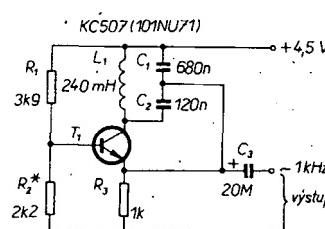
Obr. 54. Možné úpravy na výstupu přijímače; a) posunutí pracovního bodu diod (předpětí) nepřináší dobré výsledky, b) připojení regulátoru hlasitosti (potenciometru).

Pro ty, kteří chtějí experimentovat a dostat z přijímače maximum: přijímač lze nastavit při troše trpělosti tak, že zachytí ve dne i několik stanic a hraje se zesilovačem dostatečně silně na větší reproduktor bez vnější antény. Je třeba použít dobrý křemíkový tranzistor, nastavit pečlivě R_2 , případně upravit kolektortový proud rezistory R_3 , R_4 (zajímavé je, že pro součástky podle schématu pracoval nejlépe tranzistor KSY21, i když jeho zesilovací činitel h_{21E} byl jen 30!). Kondenzátor C_6 by neměl mít menší kapacitu než 15 nF. Nejvíce však záleží na laděním obvodu – ani ne tolik na materiálu tyčky, jako na vinutí. Tenký drát není moc dobrý, lepší je tlusté vf lanko, lepší než tenké vf lanko je tlusté lanko Cu v tenké izolaci PVC. Dále záleží na počtu závitů a tloušťce drátu vazební cívky (nutno vyzkoušet).

Přístroje pro pokročilé – skupina B

B-1 Jednoduché generátory nf signálu

Ve skupině A-3b jsme si popsali multivibrátor jako zdroj signálu pro nf a vf použití. Výstupní signál má přibližně pravoúhlý tvar. Pro zkoušení nf zařízení potřebujeme nezkreslený sinusový, případně pravoúhlý tvar signálu, který si dále popíšeme.



Obr. 55. Schéma zapojení nf generátoru LC, 1 kHz

B-1a Nf generátor LC 1 kHz (sinus)

Popis a stavba

Využijeme známého tříbodového zapojení generátoru LC s kapacitní vazbou (Colpittsův oscilátor, obr. 55). Název odpovídá tomu, že laděný obvod je připojen jedním koncem na kolektor tranzistoru, druhým na napájecí napětí a třetím na emitor tranzistoru. Laděný obvod je pro nf kmítoty tvoren cívkou bez odběry (vinutou na feritovém hrnčíkovém jádře, feritové jádře E nebo feritové tyče), k níž jsou připojeny dva kondenzátory v sérii (kapacitní dělič). Cívka může být samozřejmě i bez jádra, ale pro nízké kmítoty potřebujeme velkou indukčnost a cívka by pak měla hodně závitů. Kmítoty tříbodového oscilátoru se shoduje s rezonančním kmítotem použitého laděného obvodu

$$f = \sqrt{25\ 330/LC} \text{ [kHz;mH, nF]},$$

kde C je výsledná kapacita kapacitního děliče (to je dvou kondenzátorů v sérii): $C = (C_1 C_2)/(C_1 + C_2)$. Poměr kapacit $C_1:C_2$ volíme 5:1 až 10:1 podle zesilovacího činitele tranzistoru.

Přibližný výpočet pro oscilátor 1 kHz

Vhodné jsou cívky na feritových jádřech (hrnčíčích) s indukčností od 150 do 1000 mH. Máme-li takovou cívku k dispozici hotovou, změříme její indukčnost a vypočteme kapacitu kondenzátorů. Jinak vineme 300 až 1000 z drátu o Ø 0,07 až 0,2 mm podle použitého jádra.

Příklad: Naměřená indukčnost je 240 mH. Potřebný kondenzátor pro $f = 1$ kHz:

$$\begin{aligned} C &= 25\ 330/f^2 L = \\ &= 25\ 330/1^2 \text{ kHz} \cdot 240 \text{ mH} = 105 \text{ nF}. \end{aligned}$$

Zvolíme $C_1:C_2 = 6:1$. Jakou budou mít kapacitu kondenzátory C_1 a C_2 , zapojené v sérii, pro $C = 105 \text{ nF}$ a poměr děliče 6:1?

Do rovnice $C = (C_1 C_2)/(C_1 + C_2)$ si za C_1 z rovnice vyjadřující poměr kapacit, $C_1/C_2 = 6:1$, dosadíme

$$C_1 = (6:1)C_2 = 6C_2.$$

Do první rovnice dosadíme za C_1 výraz $6C_2$ a dostaneme

$$\begin{aligned} C &= (C_1 C_2)/(C_1 + C_2) = (6C_2 \cdot C_2)/(6C_2 + C_2) = \\ &= 6(C_2)^2/7C_2 = 0,857C_2. \end{aligned}$$

Kapacitu C známe (105 nF), vypočteme C_2

$$\begin{aligned} C &= 0,857C_2, \\ C_2 &= C/0,857 = 105/0,857 = 122,5 \text{ nF}. \end{aligned}$$

Z rovnice $C_1 = 6C_2$ vypočteme C_1 :

$$C_1 = 6C_2 = 6 \cdot 122,5 = 735 \text{ nF}.$$

Máme-li možnost cívku doladit, zvolíme kapacity z nejbližších vyráběných v řadě, $C_2 = 120 \text{ nF}$ a $C_1 = 680 \text{ nF}$, nebo, s ohledem na časté minusové tolerance, 820 nF a cívku na požadovaný kmítocet doladitme. Ověřené údaje L a C jsou v tab. 4. Kmítocet lze ovlivnit i nastavením pracovního bodu tranzistoru (rezistor R_2).

Tab. 4. Ověřené indukčnosti cívek a kapacity kondenzátorů C_1 , C_2 pro nf generátor LC

Kmitočet [kHz]	Počet závitů	\varnothing drátu [mm]	Indukčnost	Kondenzátor C_1	Kondenzátor C_2
1,08	1300	0,07	*)	68 nF	10 nF
6,5	590	0,09)	8 nF	1,5 nF
0,4	-	-	1 H	1 μ F	150 nF
1,00	-	-	175 mH	1 μ F	150 nF
20	-	-	0,5 mH	1 μ F	150 nF

*) ferit. hrnček o \varnothing 14 mm

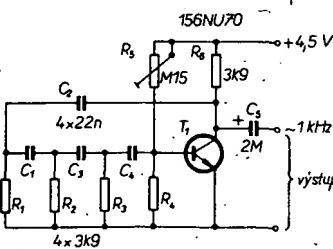
Po sestavení a uvádění do chodu musíme zpravidla hodnoty součástek upravovat, chceme-li, aby generátor měl kmitočet přesně 1 kHz. Generátor postavíme na pokusnou destičku z izolantu, vrtanou podle obr. 56a, osadíme ji podle obr. 56b. Tranzistor můžeme použít jakýkoli nf germaniový nebo křemíkový. Při uvádění do chodu stačí sluchátka. Trimrem v bázi tranzistoru (místo R_2) nastavíme pracovní bod tak, aby tón ve sluchátkách byl co nejsilnější a příjemný, tj. nezkreslený. Chceme-li nastavit kmitočet generátoru přesně, je nutný osciloskop a měřicí kmitočtu. Napětí z generátoru LC je dost velké a poměrně „tvrdé“. Hodí se k napájení můstku RLC a zkušební účely. Někdy je vhodné zařadit na výstup emitorový sledovač. Napájecí napětí může být zvoleno v širokém rozsahu. Generátor s křemíkovým tranzistorem pracuje od 2 do 15 V a s germaniovým tranzistorem dokonce od 0,5 V. Je-li nevhodný poměr indukčnosti a kapacit, nebude sinusovka souměrná.

Obr. 58. Destička pro nf generátor RC; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

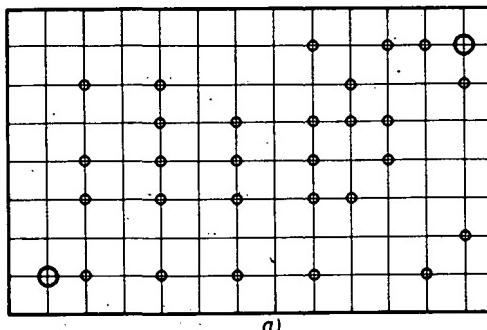
B-1b Nf generátor RC 1 kHz (sinus)

Popis a stavba

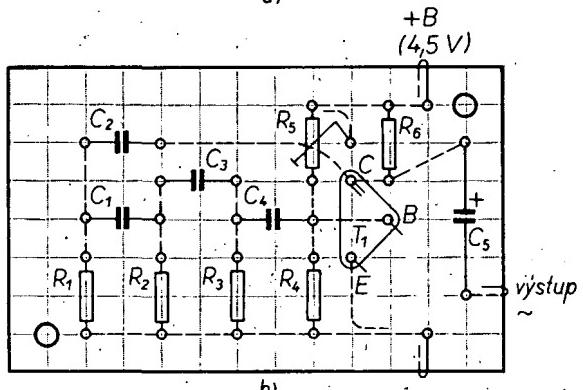
Generátor popsaný v B-1a je jednoduchý, uvádí se dobré do chodu, má všechny výhody oscilátoru pevného kmitočtu. Nejvýhodou je pracné zhotovení cívky. Nechceme-li vinout cívku, stavíme oscilátor RC . Praktická zapojení při použití germaniového a křemíkového tranzistoru jsou



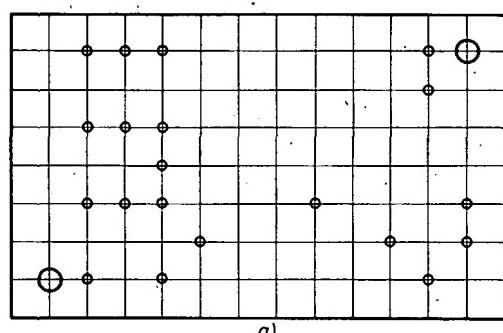
Obr. 57. Schéma zapojení nf generátoru RC, 1 kHz



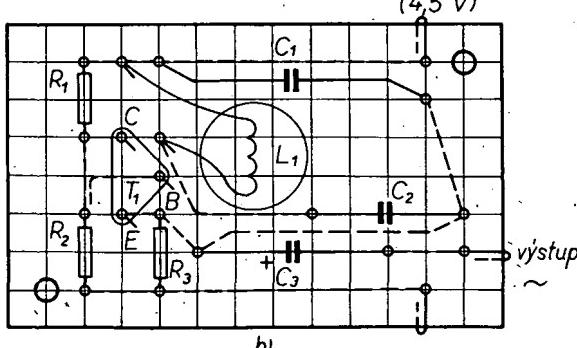
a)



b)



a)



b)

Obr. 56. Destička pro nf generátor LC; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

na obr. 57 a 59. Kmitočet generátoru podle obr. 57 určíme přibližně ze vztahu: $f = 10^3 / (11CR)$ [kHz; k Ω , nF]. Po dosazení ze schématu na obr. 57 bude:

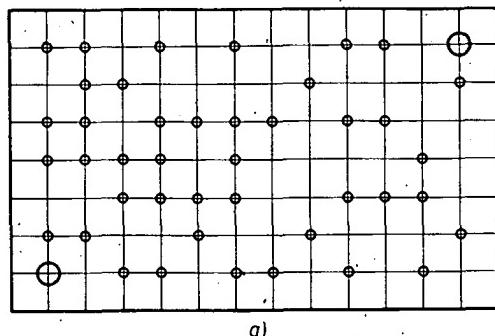
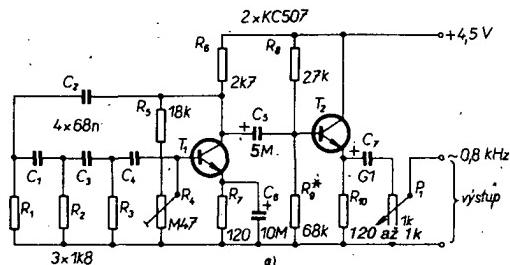
$$f = 10^3 / (11 \cdot 3,9 \text{ k}\Omega \cdot 22 \text{ nF}) = 1,05 \text{ kHz.}$$

Generátor postavíme opět jako pokusné zapojení na izolační destičku podle obr. 58a, desku osadíme podle obr. 58b. Generátor RC je složen z levných součástek, může pracovat až do stovek kHz, ale jeho výstupní napětí je „měkké“. Potřebujeme-li zatížit generátor malým odporem, je na výstupu výhodný emitorový sledovač (tranzistor T_2 , obr. 59). Zapojení generátoru je převzato ze stavebnice Cvrček Radiotechniky Teplice. Při uvádění do chodu nastavujeme především pracovní bod tranzistoru T_1 (trimr v bázi tranzistoru).

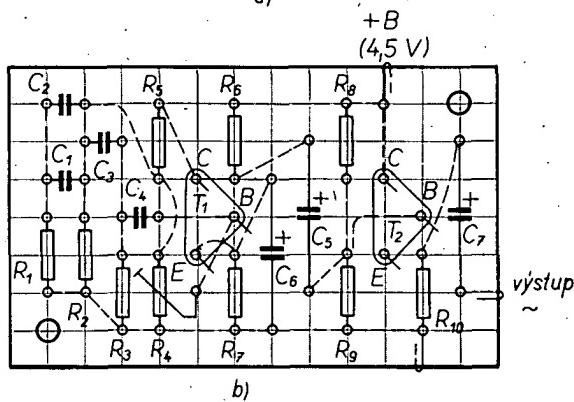
B-1c Nf generátory napětí pravoúhlého průběhu s MH7400

Základní obvod z řady číslicových integrovaných obvodů TESLA má označení MH7400. Je to čtverice dvojvstupových pozitivních hradel NAND. S MH7400 lze snadno realizovat řadu zapojení, která pracují jako generátory napětí pravoúhlého průběhu.

Zapojení vývodů obvodu MH7400 je na obr. 60. Obvod je kreslen v pohledu shora. Použité symboly pro označení dvouvstupového hradla NAND odpovídají současnému způsobu kreslení (obr. 61). Skutečné zapojení jednoho hradla je na obr. 62. S jedním obvodem MH7400 (tedy se čtyří



a)



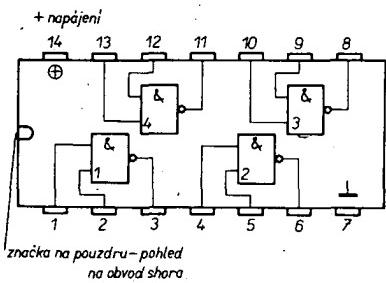
b)

Obr. 59. Generátor RC s křemíkovými tranzistory a emitorovým sledovačem; a) schéma zapojení, b) rozměry a provedení děr, c) rozmištění a zapojení součástek

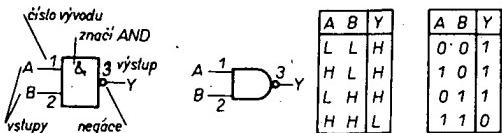
mi hradly NAND) lze realizovat všechny základní logické funkce: logický součin, AND (A); logický součet, OR (NEBO); logickou negaci (inverze), INVERT, a většinu složených logických funkcí: negaci logického součinu (opak AND) NAND, negaci logického součtu (opak OR), NOR, negaci ekvivalence EXCLUSIVE-OR, dále klopné obvody R-S a hodinové klopné obvody R-S.

Obvody TTL se vyrábějí ve třech základních řadách, MH74, MH84 a MH54 podle rozsahu teplot, za nichž mohou pracovat (viz katalog), nejkvalitnější jsou obvody řady MH54. K základním technickým údajům obvodů TTL patří napájecí napětí,

vstupní a výstupní napětí pro logické úrovně, vstupní a výstupní proudy pro logické úrovně, doby zpoždění signálu při průchodu obvodem, odběr proudu ze zdroje atd. Všechny potřebné údaje lze nalézt v každém katalogu. K našim účelům potřebujeme znát ztrátový výkon (jedno hradlo 10 mW) a odběr proudu ze zdroje (celý obvod) (při log. 0 typicky 12 mA, vždy méně než 22 mA a při log. 1 typicky 4 mA, vždy méně než 8 mA).



Obr. 60. Zapojení vývodů obvodu MH7400 (pohled shora)



a)

b)

A	B	Y
L	L	H
H	L	H
L	H	H
H	H	L

L=0 (nízká úroveň)

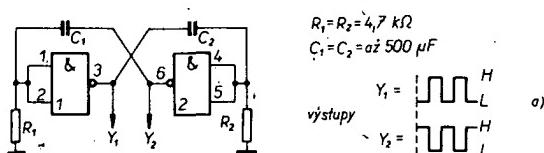
H=1 (vysoká úroveň)

c)

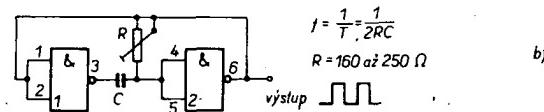
d)

A	B	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

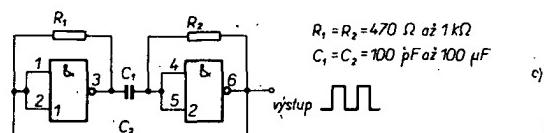
Obr. 61. Porovnání schematických značek hradla NAND a pravdivostních tabulek; a) značka na našich schématech, b) zahraniční značení, c) tabulka s písmeny, d) tabulka s čísly



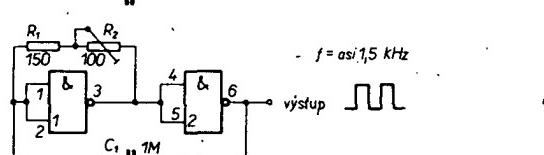
a)



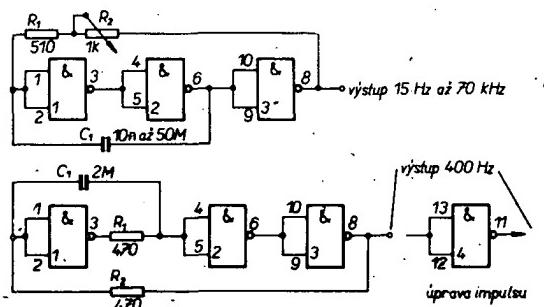
b)

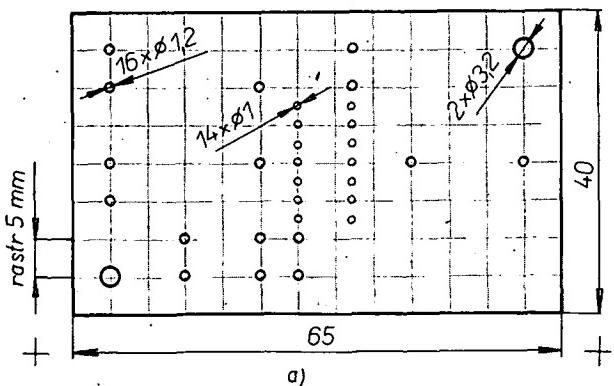


c)

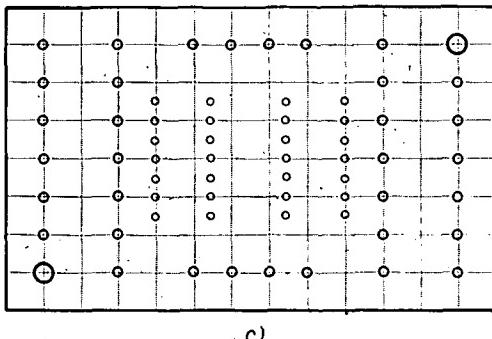


d)

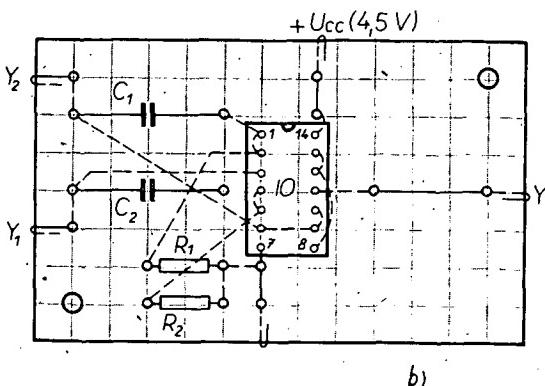




a)



c)

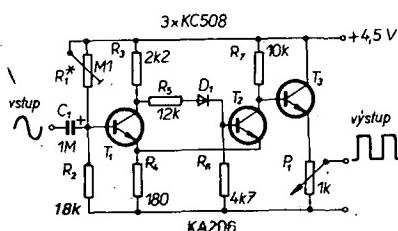


b)

Obr. 64. Destička pro generátor podle obr. 63a; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek, c) rozměry a provedení děr destičky pro pokusná zapojení s obvody TTL

b) přivést sinusový signál na Schmittův klopný obvod z hradel obvodu MH7400.

Zvolíme Schmittův klopný obvod s tranzistory podle obr. 65. Klopný obvod se vyznačuje dvěma stabilními stavami. Jakmile vstupní napětí překročí jistou úroveň (nebo naopak se pod ní změní), reaguje klopný obvod změnou stavu, což se na výstupu projeví skokem napětí. Schmittův klopný obvod postavíme na destičce podle obr. 66a a zapojíme podle obr. 66b. Zapojení uvedeme do chodu tak, že běžec trimru R_1 dáme do střední polohy, připojíme napájecí napětí, na vstup přivedeme signál z generátoru LC a na výstup připojíme osciloskop. Běžec trimru R_1 nastavíme do takové polohy, kdy klopný obvod pracuje tak, že poměr impulsu a mezery je 1 : 1. Trimrem R_1 můžeme nastavit i nejmenší napětí, při němž se obvod překlopí. Pozor při otáčení trimrem – nesmíme jeho odpor zcela vyřadit, mohli bychom zničit tranzistor, neboť v zapojení není použit ochranný odpor.



Obr. 65. Schéma zapojení Schmittova klopného obvodu

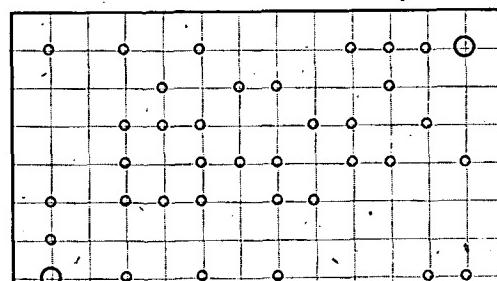
nou hrany impulsu). Vazba mezi výstupem posledního hradla generátoru na vstup tvarovače je přímá (bez dalších součástek), hradlo může být zapojeno i několikrát za sebou, čímž se zlepšuje tvar výstupního impulsu. Impuls se při průchodu hradly časově posouvá o 10 až 20 ns a mění se jeho úroveň (z log. 1 na log. 0). Na jeden výstup hradla je možné zapojit maximálně deset vstupů dalších hradel.

Generátor zapojíme na destičku podle obr. 64a (příp. podle obr. 64c, na níž můžeme dělat celou řadu pokusů). Vývody integrovaného obvodu propojíme se součástkami tenkým drátkem, nejlépe počínovaným. Generátor zapojíme podle obr. 64b. Vyzkoušíme kondenzátory různých kapacit a sledujeme změnu kmitočtu a tvaru signálu. K tétomu pokusu je nutný osciloskop, případně měřicí kmitočtu. Ní kmitočet můžeme kontrolovat také sluchátky. Při pozorování tvaru signálu (strmost náběžné a sestupné hrany, zaoblení vrcholů) si musíme uvědomit, že většina levných a jednoduchých osciloskopů má nedokonalé zesilovače, které nejsou schopny zobrazit signály pravoúhlého průběhu. Abychom mohli posuzovat zkreslení signálu nízkých kmitočtů z popisovaných generátorů, potřebujeme osciloskop s kmitočtovým rozsahem alespoň 10 MHz.

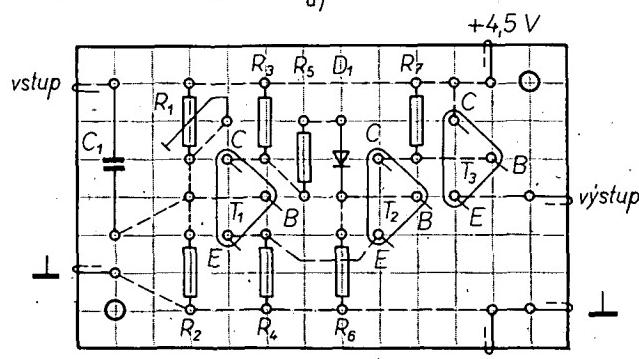
B-1d Jednoduchý generátor napětí sinusového a pravoúhlého průběhu 1 kHz

Generátor LC (B-1a) nastavíme na kmitočet 1 kHz a jeho výstupní signál přivedeme na potenciometr tak, aby ho mohli šídit od nuly do maxima. Signál pravoúhlého průběhu můžeme ze sinusového získat dvěma způsoby:

a) přivést sinusový signál na Schmittův klopný obvod s tranzistory,

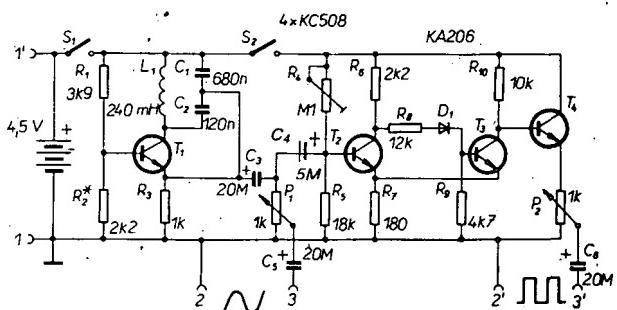


a)



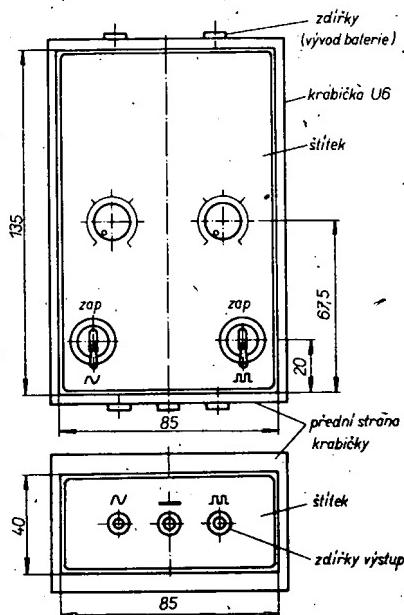
b)

Obr. 66. Destička pro Schmittův klopný obvod; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek



Obr. 67. Schéma zapojení jednoduchého generátoru signálu 1 kHz

Obě destičky – generátor LC a Schmittův klopný obvod – připevníme na panelovou jednotku a zapojíme podle obr. 67. Přední panel uspořádáme podle obr. 68, součásti na základní desku rozmištěme stejně jako u sledovače signálu (obr. 46a). Vhodným řešením je celý generátor včetně baterie vestavět do plastikové krabičky U6. Ovládací prvky umístíme na horní část krabičky a zdířky zpředu (obr. 69).



Obr. 69. Rozmístění ovládacích prvků při vestavění generátoru do krabičky U6

Rozpiska materiálu

1 ks kompletní panel (viz A-3b) nebo krabička U6

R₁ vrstvový rezistor TR 212, 3,9 kΩ

R₂, R₆ vrstvový rezistor TR 212, 2,2 kΩ

R₃ vrstvový rezistor TR 212, 1 kΩ

R₄ odporový trimr TP 040, 0,1 MΩ

R₅ vrstvový rezistor TR 212, 18 kΩ

R₇ vrstvový rezistor TR 212, 180 Ω

R₈ vrstvový rezistor TR 212, 12 kΩ

R₉ vrstvový rezistor TR 212, 4,7 kΩ

R₁₀ vrstvový rezistor TR 212, 10 kΩ

C₁ kondenzátor MP TC 180, 680 nF

C₂ kondenzátor TC 181, 47 nF + 82 nF

C₃ kondenzátor elektrolytický TE 981, 20 μF

C₄ kondenzátor elektrolytický TE 984, 5 μF

C₅, C₆ kondenzátor elektrolytický TE 984, 20 μF

T₁ až T₄ tranzistor KC508 (nebo jakýkoli nf tranzistor n-p-n)

D₁ dioda KA206 (nebo jakákoli vf křemíková dioda)

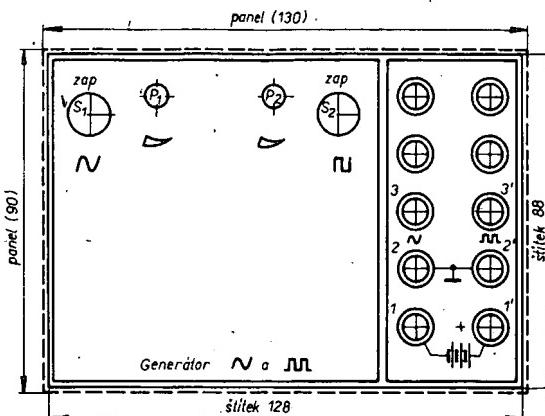
L₁ cívka ve ferit. hrnečku, 240 mH (nebo jakákoli s indukčností 150 až 1000 mH)

S₁, S₂ spínač páčkový

P₁, P₂ potenciometr TP 280, 1 kΩ/N (může být 1 až 5 kΩ)

2 ks knoflík

Postavením jednoduchého generátoru napětí sinusového a pravoúhlého průbě-



Obr. 68. Rozměry a provedení štítku generátoru

hu s regulací od nuly do maxima dostáváme užitečný přístroj pro zkoušení nf zesilovačů. Pro nastavení co nejmenšího zkreslení, k měření zesílení a výkonu používáme generátor „sinus“ ve spolupráci s osciloskopem a nif milivoltmetrem. Pro informativní zjištování kmitočtové charakteristiky a sklonu k zakmitávání používáme generátor pravoúhlého napěti ve spolupráci s dobrým osciloskopem. Podle tvaru a zaoblení hran signálů usužujeme na jakost přenosu signálů různých kmitočtů. Generátor pravoúhlého napěti používáme stejně jako multivibrátor při zkoušení přijímačů a zesilovačů.

B-2 Akustická zkoušečka s MH7400

Při pokusech s generátory nf signálu pravoúhlého průběhu podle B-1c jsme zjistili, že kmitočet výstupního signálu je závislý na volbě prvků členu RC a na napájecím napěti. Zvolíme-li zapojení se slyšitelným kmitočtem a připojíme-li k obvodu telefonní sluchátko, mění se tón podle odporu rezistoru. Protože akustický výkon sluchátka je dostatečný, vestavíme ho do krabičky jako reproduktor a vznikne zkoušečka, kterou nemusíme sledovat zrakem, a která rozezná na rozsahu „malé odpory“ i přechodové odpory přepínačů a konektorů, proměnné odpory ve zlámaných šnůrkách apod., na rozsahu „velké odpory“ protéká měřeným obvodem proud několika mikroampér a můžeme tedy zkoušet i přechody polovodičových prvků. Zapojení v podstatě odpovídá generátoru podle obr. 63f, je však napájeno proměnným napětím přes neznámý (zkoušený) rezistor. Telefonní sluchátko (50 Ω) je připojeno na čtvrté (tvarovací, lépe oddělovací) hradlo přes ochranný rezistor 180 Ω. Druhý vývod sluchátka je

připojen na zem. Obvodem teče velký proud (20 mA), což je nevhodné pro zkoušení polovodičových prvků. Abychom mohli zkoušet i rezistory velkých odporů a mohli pracovat s malým proudem, je použit dvoustupňový tranzistorový zesilovač. Obvod pracuje tak, že podle odporu zkoušeného rezistoru se mění napájecí napětí integrovaného obvodu a tím i tón ve sluchátkách od nejhlubších tónů (velký odpor) až k asi 1 kHz při zkratu. Celkové zapojení je na obr. 70. Zkoušečku postavíme na izolační destičku obr. 71a, osadíme ji podle obr. 71b. Odzkoušenou destičku přišroubujeme dvěma šroubkami M3 se zašroubenou hlavou na nosnou izolační desku 40 × 140 mm, tl. 1 až 1,5 mm, kterou zasuneme na bok plastikové krabičky U6. Do krabičky vyvrtáme otvory pro sluchátka, které upevníme přichytkami nebo mezikružím. Dále vyvrtáme na čelní straně tři díry pro zdířky. Baterii upevníme drátem ke krytu (víčku) krabičky. S ohledem na velmi malé zbytkové proudy obou tranzistorů není třeba baterii vůbec vypínat. Zapojení je velice jednoduché a pracuje na první zapnutí. Výšku tónu při zkratu nastavíme změnou kapacity kondenzátoru C₁, případně změnou odporu rezistoru R₁ tak, aby tón byl přijemný na poslech.

Rozpiska materiálu

1 ks plastiková krabička U6

1 ks izolační destička 40 × 65 mm, tl. 1 až 1,5 mm

1 ks izolační destička 40 × 140 mm, tl. 1 až 1,5 mm

R₁, R₄ vrstvový rezistor TR 212, 180 Ω

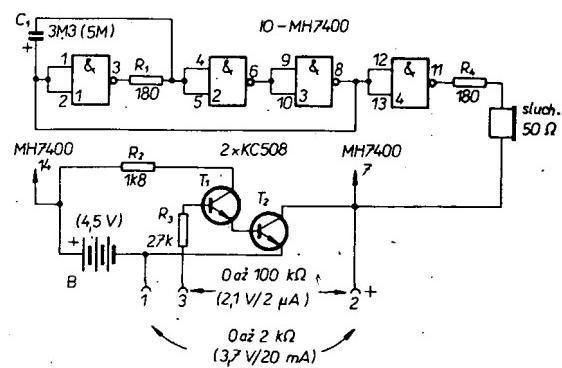
R₂ vrstvový rezistor TR 212, 1,8 kΩ

R₃ vrstvový rezistor TR 212, 27 kΩ

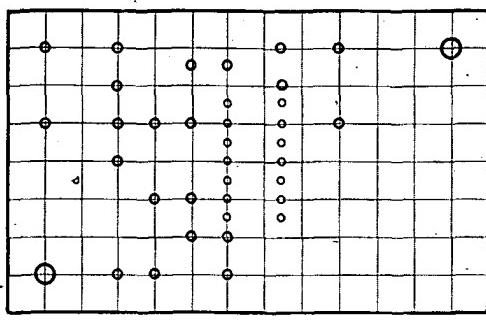
C₁ kondenzátor elektrolytický TE 986, 2 až 5 μF, nebo tantalový kondenzátor TE 122, 3,3 μF

T₁, T₂ tranzistor KC508 (KC507 až 9)

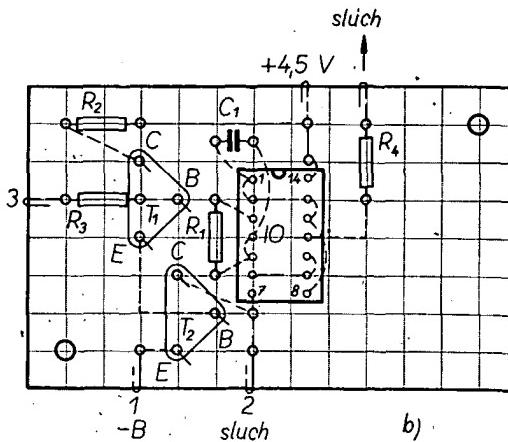
IO integrovaný obvod MH7400



Obr. 70. Schéma zapojení akustické zkoušečky



a)



b)

Obr. 71. Destička pro akustickou zkoušecku; a) rozměry a provedení dře, b) rozmištění a zapojení součástek

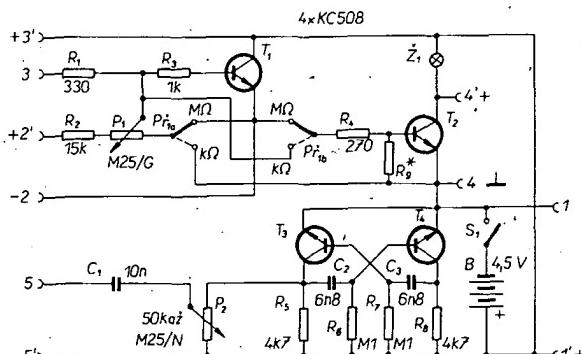
1 ks telefonní sluchátko 50Ω
3 ks zdírka

Zkoušečka je velmi užitečnou pomůckou pro zkoušení obvodů, kabelání a polovodičových přechodů (rozlišuje polaritu). Změna tónu při zkoušení je výrazná.

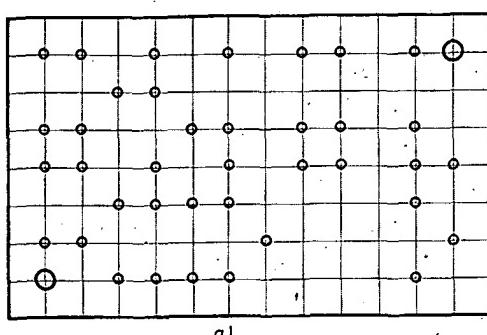
B-3 Zdokonalená žárovková zkoušečka s multivibrátorem

Popisovaná zkoušečka umožní nejen zkoušet, ale i měřit bez ručkového měřidla pomocí žárovky, tranzistorového zesilovače a logaritmického potenciometru stejnosměrná napětí, informativně lze měřit střídavá napětí a elektrolytické kondenzátory, odpory, zjišťovat svod kondenzátorů. Protože zkoušečka rozlišuje polaritu, můžeme zkoušet přechody polovodičových diod a tranzistorů vf, nf i výkonových. Poslouží též jako pohotový zdroj stejnosměrného napětí s proudovým

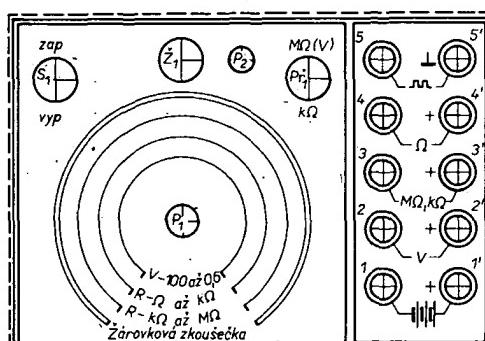
omezením (do 50 mA) nebo jako zdroj 4,5 V bez proudového omezení. Dále jako zdroj malých regulovatelných proudu při zjišťování základních proudových rozsahů ručkových měřidel (zdírky pro měření odporů). Protože se měřené napětí čte na stupnicích potenciometru, můžeme si napětí předem nastavit a používat zkoušečku jako indikátor dosažení napěťových úrovní (při nastavování klopňových obvodů apod.). Poslouží též jako sonda pro logickou úroveň 1 (H). Aby bylo její použití všeobecnější, je doplněna multivibrátorem. Zkoušečka byla podroběna popsána v AR 7/82. Zde je zkoušečka (obr. 72) uvedena pro možnost snadného zhotovení na destičce z izolantu (obr. 73a), osazené podle obr. 73b. Montáž je na kompletém panelu podle A-3b, uspořádání přední desky panelu je na obr. 74. Stupnice pro potenciometr je pro každou zkoušečku individuální, neboť závisí na průběhu odporové dráhy potenciometru a citlivosti zesilovače.



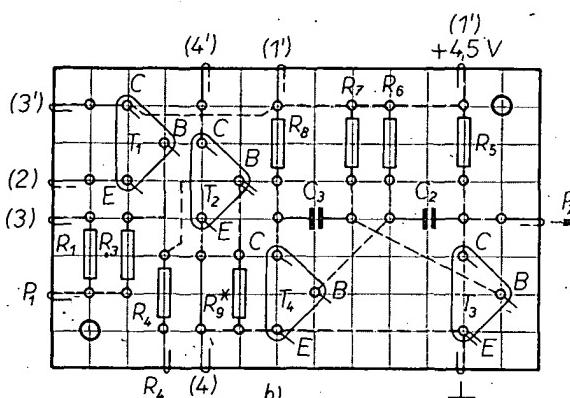
Obr. 72. Schéma zapojení žárovkové zkoušečky s multivibrátorem



a)



Obr. 74. Uspořádání přední desky a štítku žárovkové zkoušečky při vestavění na panel



Obr. 73. Destička pro žárovkovou zkoušečku; a) rozměry a provedení dře, b) rozmištění a zapojení součástek

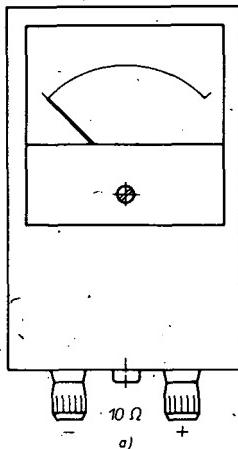
1 ks knoflík WF 24367
1 ks knoflík WF 241 12 až 13 (podle potenciometru).

B-4 Jednoduché měřicí přístroje s ručkovým měřidlem

Máme-li k dispozici ručkové měřidlo (miliampérmetr nebo mikroampérmetr), můžeme si zhotovit řadu měřicích přístrojů tak, že:

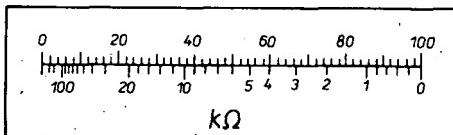
a) měřidlo bude vestavěno do krabičky a jeho svorky vvedeme vně dvěma kablíky o patenými banánky, konektorem, nebo na krabici umístíme přístrojové svorky (obr. 75a) či kolíky z banánek, čímž vznikne základní část.

Měřidlo ochráníme proti přetížení křemíkovými diodami KA206 nebo KA222 a rezistorem podle obr. 75b. Jednotlivé přístroje (zdroj, voltampérmetr, ohmmetr, měřič tranzistorů, nízkovoltmetr atd.) pak stavíme do krabiček bez měřidla a měřidlo



Obr. 75. Využití jednoho ručkového měřidla pro několik přístrojů: a) vestavění do skřínky (případně panelové jednotky), b) zapojení ochranných diod a ochranného rezistoru

připojujeme ke každému přístroji jen při měření. Stupnice u ručkového měřidla zůstává původní a ke každému přístroji si uděláme korekční tabuľku (obr. 76). Tento



Obr. 76. Příklad provedení pomocné stupnice - nahoře zakreslena původní stupnice, dole stupnice ohmmetu

způsob není sice elegantní, ale v praxi vyhoví:
b) máme-li měřidel několik, vestavíme měřidlo do každého přístroje. Pak zpravidla upravujeme i stupnice.

Pri použití v elektronických přístrojích jsou vhodná měřidla s otočnou cívku – magnetoelektrická. Otočná cívka má tvar rámečku, je uložena na dvou jehlových čepech (u novějších přístrojů zavěšena na dvou tenkých a pružných kovových pásečkách) a umístěna v mezeře silného magnetu. Na cívce je upoveněna ručka. Proud do cívky se přivádí dvěma spirálovými pružinami nebo pásky, které zároveň vracejí ručku do nulové polohy. Předností měři-

del s otočnou cívkou je rovnoměrná stupnice, velká citlivost a velký vnitřní odpor. Měří jen stejnosměrný proud, protože výchylná ručka je dáná směrem toku proudu cívky.

Abychom mohli použít ručkové měřidlo, musíme znát jeho čtyři základní údaje: proudový rozsah v mA nebo μ A, vnitřní odpor v Ω , úbytek napětí při plné výchylce v mV, odpor měřidla na 1 V v $k\Omega$.

Pro informaci je v tab. 5 přehled vyráběných měřidel MP80, MP120 n. p. Metra

Tab. 5. Vyráběná ručková měřidla řady MP80, MP120

Rozsah	Odporník [Ω]	Úbytek [mV]
25 μ A	6000	150
100 μ A	1800	180
250 μ A	260	65
1 mA	180	180
2,5 mA	50	125
10 mA	3	30
25 mA	2,4	60
1 A	0,06	60
10 A	0,006	60

(číslo za písmeny MP známená rozsah průčeli měřidla v milimetrech). Dříve vyráběna měřidla byla označována DHR3, DHR5, DHR8, kde číslo za písmeny udává průměr válcové části měřidla, zapuštěné do panelu (v cm): Rozsah průčeli u DHR3 je 44 × 44 mm, u DHR5 70 × 70 mm, u DHR8 110 × 110 mm. Pro informaci je v tab. 6,7 přehled dříve vyráběných měřidel DHR5 a DHR8.

Tab. 6. Údaje dříve vyráběných ručkových měřidel řady DHR5

Rozsah	Odporník [Ω]	Úbytek [mV]
50 μ A	3900	195
100 μ A	3900	390
200 μ A	970	194
500 μ A	250	125
1 mA	110	110
2 mA	33	66
5 mA	17	85
10 mA	3	30
20 mA	12	60
50 mA	12	60
100 mA	12	60
200 mA	12	60
500 mA	12	60
1 A	12	60
2 A	12	60
5 A	12	60
10 A	12	60

vnitřní bočník

Tab. 7. Údaje dříve vyráběných ručkových měřidel řady DHR8

Rozsah	Odporník [Ω]	Úbytek [mV]
50 μ A	6000	300
100 μ A	1350	135
200 μ A	800	160
500 μ A	150	75
1 mA	150	150
2 mA	35	70
5 mA	6	30
10 mA	5	50
20 mA	3	60

Proč se vyrábí tolik druhů měřidel, když lze vždy rozsahy měřidla upravit? Při měření napětí potřebujeme, aby voltmeter co nejméně zatěžoval měřený obvod – aby měl velký vnitřní odpor a potřeboval co

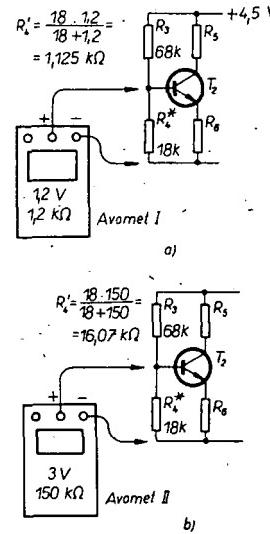
nejmenší proud na plnou výchylku ručky. Z tabulek vidíme, že pro tyto účely vyhoví měřidla s co nejméněm základním proudu rozsahem. Musíme si uvědomit, že proud potřebný pro plnou výchylku měřidla musí voltmetrem protéci, aby mohl přístroj napětí ukázat. Musí být tedy měřený obvod schopen při určitém napětí takový proud dát.

Chceme např. měřit napětí na bázi tranzistoru T_2 sledovače (obr. 47a). Na děliči tvořeném R_3 a R_4 je při napájecím napětí 4,5 V podle výpočtu napětí asi 0,94 V. K měření použijeme dva přístroje: AVOMET I – s odporem 1 $k\Omega$ /1 V = 1 mA pro plnou výchylku, AVOMET II – s odporem 50 $k\Omega$ /1 V = 20 μ A pro plnou výchylku. Avomet I je na rozsahu 1,2 V – vnitřní odpor R přístroje je tedy $R = 1 \text{ k}\Omega \cdot 1,2 \text{ V} = 1,2 \text{ k}\Omega$.

Avomet připojíme na bázi T_2 a – pól zdroje (zem), obr. 77a, tedy paralelně k R_4 (18 $k\Omega$). Odpor rezistoru R_4 se tím změní na:

$$R'_4 = R_4 R / (R_4 + R) = (18 \cdot 1,2) / (18 + 1,2) = 1,125 \text{ k}\Omega$$

Tím se změní poměr odporů děliče a napětí na bázi T_2 se změní na 0,07 V. Tento údaj ukáže měřicí přístroj a tranzistor T_2 se připojením měřicího přístroje „uzavře“. Avometem I tedy v tomto případě měřit nelze.



Obr. 77. Měření napětí na bázích tranzistoru; a) přístrojem s malým vnitřním odporem (nevzhodné), b) přístrojem s větším vnitřním odporem (vhodné)

Při měření přístrojem Avomet II na rozsahu 3 V je odpor R měřidla $R = 50 \text{ k}\Omega \cdot 3 \text{ V} = 150 \text{ k}\Omega$. Připojením měřicího přístroje na bázi T_2 se R_4 (18 $k\Omega$) změní na:

$$R'_4 = R_4 R / (R_4 + R) = 18 \cdot 150 / (18 + 150) = 16,07 \text{ k}\Omega$$

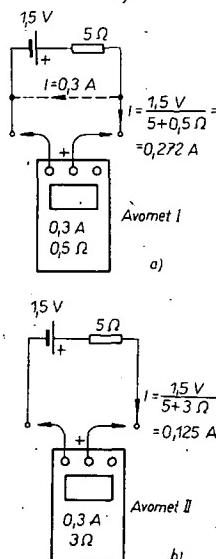
Vidíme, že se poměr odporů děliče změnil podstatně méně než při měření Avometem I. Napětí na bázi T_2 se zmenší na 0,86 V. Nechceme-li zatěžovat měřený obvod připojeným voltmetrem, je vždy lepší přepnout přístroj na co nejvyšší napěťový rozsah, měřená napětí čist na začátku stupnice a spokojit se s údajem přečteným méně přesně. Pro měření napětí potřebujeme tedy přístroj s co největším vnitřním odporem.

Elektronkové, tranzistorové a číslicové voltmetry mají zpravidla vstupní odpor na všech rozsazích stejný a to 1 až 100 MΩ.

Při měření proudu potřebujeme napájk měřicí přístroj s co nejmenším vnitřním odporem, aby úbytek napětí na měřidle byl co nejmenší. Avomet I má úbytek na všech stejnosměrných proudových rozsazích 150 mV. Avomet II má úbytek na stejnosměrných proudových rozsazích od 3 mA výše mnohem větší – 900 mV.

Požadavky na měřicí přístroj vysvítou opět z příkladu: K baterii 1,5 V připojíme odpor 5 Ω. Podle Ohmova zákona bude tedy odparem protékat proud $I = U/R = 1,5 \text{ V}/5 \Omega = 0,3 \text{ A}$. Avomet I zapojíme podle obr. 78a, přepneme ho na rozsah 0,3 A (odpor 0,5 Ω). Přístroj by měl ukázat plnou výchylku 0,3 A, protože je na něm úbytek napětí 0,15 V, bude ukazovat proud

$$I = (U - U_{\text{AI}})/R = (1,5 \text{ V} - 0,15 \text{ V})/5 \Omega = 0,270 \text{ A}.$$



Obr. 78. Měření proudu na baterii s napětím 1,5 V; a) přístrojem s malým vnitřním odporem (vhodné), b) přístrojem s velkým vnitřním odporem (nevhodné)

Při zapojení Avometu II (obr. 78b) na rozsah 300 mA (odpor 3 Ω „zmenší“ napětí zdroje o 0,9 V) přístroj bude ukazovat místo 0,3 A jen

$$I = (U - U_{\text{AI}})/R = (1,5 \text{ V} - 0,9 \text{ V})/5 \Omega = 0,12 \text{ A}$$

Změřený proud se liší od skutečnosti a měření je nesprávné.

Přesvědčili jsme se, že pro měření proudu potřebujeme ampérmetr s co nejmenším odporem, aby úbytek napětí při měření byl co nejmenší. Avomet II je méně vhodný k měření proudu v obvodech s malým napájecím napětím. Avomet I je lepší – měří s menší chybou.

Co s neznámým měřidlem

Máme měřidlo s otočnou cívkou, které chceme použít. Z dělení stupnice a údajů na stupni obvykle poznáme, k čemu sloužilo. V pravém dolním rohu stupnice najdeme údaje:

- polohy – svislá, šikmá, vodorovná,
- o použití systému – magnetoelektrický, elektromagnetický, elektrodynamický apod.,
- třídy přesnosti – 2,5 – 1,5 – 1 – 0,5 – 0,2 (značí chybu v %),

dovoleného napětí proti kostře: červená hvězdička znamená 500 V; je-li přístroj zkoušen na napětí větší, je udáno v kV ve hvězdičce: 2 – 3 – 5 – 10 – 20 – 30 – 50.

Tyto údaje jsou pro nás důležité. Potřebujeme však znát všechny základní údaje. Někdy je stupnice cejchována v základním rozsahu – pak je zjištování snazší (přístroj má např. stupnice rozdělenou na 100 dílků s označením V). Potřebujeme:

- zjistit základní proudový rozsah (I_0).

Připojíme-li k našemu měřidlu rezistor o odporu 4 kΩ zmenšeném o $R_0 = 260 \Omega$ (tedy 3740 Ω), je z měřidla voltmetr s rozsahem 1 V (tzn. 1 V na plnou výchylku). Odpor měřidla na 1 V je vlastně pěvárenou hodnotou základního proudového rozsahu:

$$R_{1V} = 1/I_0.$$

Dosazujeme-li proud v miliampérách, odpovídá v kΩ.

Z vypočítaného odporu R_1 v můžeme vypočítat předřadný odpor pro libovolný napěťový rozsah.

B-4a Napěťový ohmmetr

Využijeme-li zapojení pro zjištování základního proudového rozsahu (obr. 79) tak, že místo známého miliampérmetru nebo Avometu zapojíme ke svorkám neznámý odpor (R_x), získáme napěťový ohmmetr (obr. 80a). Ohmmetr nastavíme tak, že zkratujeme svorky R_x a potenciometrem P_2 nastavíme přesně plnou výchylku ručky – nulový odpor. Při rozpojených svorkách je ručka přístroje na nule = nekonečně velký odpor. Pro stavbu napěťového ohmmetru využijeme našeho měřidla se základním rozsahem 250 μA (0,25 mA) se stupnicí rozdělenou na 100 dílků a s odporem na 1 V ($R_{1V} = 1 \text{ V}/0,25 \text{ mA} = 4 \text{ k}\Omega$).

Potenciometry P_1 a P_2 nastavíme na maximální odpor, zapojíme baterii a zmenšíme odpor P_1 , až neznámé měřidlo ukáže plnou výchylku, výchylku jemně upravíme potenciometrem P_2 . Na Avometu přeteče me naměřený proud – měl by být v mezích 20 μA až 10 mA. Je-li tomu jinak, má asi měřidlo uvnitř předřadný odpor nebo bočník; ten je třeba odpojit, aby ho mohli měřit samotný systém. Naměřený proud I_0 zapišeme – např. 250 μA;

- zjistit vnitřní odpor (R_0). Vnitřní odpor budeme zmenšit, nebo vypočteme z úbytku napětí na měřidle při plné výchylce. Vnitřní odpor nelze zjistit změřením ohmmetrem nebo můstkem, musíme ho zmenšit nepřímo tak, že z obvodu pro měření základního proudového rozsahu měřidlo odpojíme a místo něj zapojíme potenciometr P_3 (P_1 a P_2 jsou v původní nastavené poloze, kdy mělo měřidlo plnou výchylku). Potenciometr P_3 pomalu otáčíme tak dlouho, až ručka Avometu dosáhne stejně výchylky, jako když bylo v obvodu zapojeno měřidlo. Pak je odpor potenciometru stejný, jako vnitřní odpor neznámého měřidla. Potenciometr P_3 odpojíme a jeho odpor přesně zmenšíme; jeho odpor by měl být v rozmezí 3 Ω až 10 kΩ (na našem měřidle jsme naměřili 260 Ω);

- zjistit úbytek napětí při plné výchylce ručky (U_0) (údaj potřebný k výpočtu bočníku ampérmetru).

Známe-li I_0 a R_0 , můžeme U_0 vypočítat z Ohmova zákona:

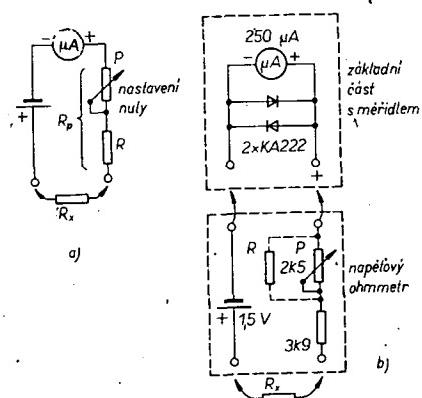
$$U = RI \Rightarrow U_0 = R_0 I_0 = 260 \Omega \cdot 0,25 \text{ mA} = 65 \text{ mV}.$$

Napětí U_0 můžeme i změřit milivoltmetrem, připojeným paralelně ke svorkám neznámého měřidla (obr. 79). Potenciometry P_1 a P_2 nastavíme plnou výchylku ručky neznámého měřidla (připojením milivoltmetru se obvykle zmenší) a milivoltmetr ukáže napětí na měřidle v milivoltech. Možno použít Avomet I – rozsah 150 mV, nebo Avomet II – rozsah 300 mV, nejlepší je číslicový voltmetr;

- zjistit odpor měřidla na 1 V (R_{1V}), což je údaj potřebný k výpočtu předřadných odporů voltmetu.

Odpor měřidla na 1 V (R_{1V}) vypočítáme ze základního proudového rozsahu (I_0) pomocí Ohmova zákona:

$$R = U/I; \\ R_{1V} = 1 \text{ V}/I_0 = 1 \text{ V}/0,25 \text{ mA} = 4 \text{ k}\Omega.$$



Obr. 80. Zapojení napěťového ohmmetru, a) schéma zapojení, b) schéma zapojení ohmmetru s použitím základní části s měřidlem

Použijeme-li baterii 1,5 V, musíme zařadit do obvodu rezistor (včetně odporu měřidla), jehož odpor vypočteme např. z Ohmova zákona:

$$R = U/I = U_{\text{bat}}/I_0 = 1,5 \text{ V}/0,25 \text{ mA} = 6 \text{ k}\Omega.$$

Předřadný rezistor R_p musí mít odpor

$$R_p = R - R_0 = 6 \text{ k}\Omega - 0,260 \text{ k}\Omega = 5,740 \text{ k}\Omega,$$

aby obvodem protékal proud 0,250 mA a měřidlo ukazovalo plnou výchylku. Jak velký odpor budeme moci ještě tímto ohmmetrem zmenšit? Stupnice má 100 dílků, vychylí-li se ručka jen o 1 dílku při měření velkého odporu, bude na jednom dílku vlastně 1,5 V (napětí baterie). Tímto odporom jsme zvětšili rozsah přístroje 100× – z původního neznámého rezistoru se stal rezistor, který vlastně plní funkci předřadného odporu pro voltmetr s rozsahem 150 V.

Neznámý odpor

$$R_x = R_{1V} U_{\text{bat}} / 100 = (4 \text{ k}\Omega/1 \text{ V}) \cdot 1,5 \text{ V} / 100 = 600 \text{ k}\Omega.$$

Zvětšíme-li napětí baterie na 4,5 V (plochá baterie), rozsah ohmmetu se zvětší. Odpor v obvodu baterie pro plnou výchylku měřidla bude:

$$R = R_{1V} U_{\text{baterie}} = 4 \text{ k}\Omega / 1 \text{ V} \cdot 4,5 \text{ V} = 18 \text{ k}\Omega.$$

Výchylka ručky o jeden dílek odpovídá odporu:

$$R = R_{1V} U_{\text{baterie}} = (4 \text{ k}\Omega / 1 \text{ V}) \cdot 4,5 \text{ V} \cdot 100 \text{ dílků} = 1800 \text{ k}\Omega = 1,8 \text{ M}\Omega$$

Budeme-li měřicí přístroj napájet ještě větším napětím, zvětší se rozsah tak, že můžeme zjišťovat i svody kondenzátorů.

Provedení

Zvolíme si napájecí napětí 1,5 V. Odpor předřadného rezistoru R_p bude podle výpočtu 5,740 kΩ. Abychom mohli dobře nastavit nulu (napětí baterie se mění), rozdělíme R_p na pevný rezistor 3,9 kΩ a potenciometr 2,5 kΩ/N, čímž můžeme ohmmetr využívat i při napětí baterie 1 V. Nemáme-li takový potenciometr, použijeme potenciometr s větším odporom dráhy a paralelním rezistorem ho upravíme asi na 2,5 kΩ. Přístroj vestavíme do samostatné krabičky a zabezpečíme ho proti chybnému připojení dvěma kremikovými diodami a rezistorem. Předřadný rezistor, potenciometr, zdírky a baterii vestavíme do druhé krabičky a zapojíme podle obr. 80b. Ohmmetr ocejchujeme – zhotovíme si tabulkou, podle níž nakreslíme dvě stupnice – nahoru původní 100dílkovou a pod ní vypočtenou stupnici odpornu. Tím se vyhneme pracnému překreslování stupnice měřidla. Nakreslené stupnice nalepíme na krabičku ohmmetu.

Postup výpočtu stupnice

Známe-li napětí baterie (U_b) a změříme-li proud (I_m) obvodem s neznámým odporem R_x a měřidlem (známe jeho proudový rozsah, má rovnoměrnou stupnicí), pak je celkový odpor R_c dán Ohmovým zákonem: $R_c = U_b / I_m$, kde R_c je složen z odporu R_x a R ; $R = R_p + R_0$.

Neznámý odpor R_x je tedy $R_x = (U_b / I_m) - R$. Proud I_m dosazujeme v mA a odpor v kΩ.

Proud procházející měřidlem vypočteme ze základního proudového rozsahu I_0 , počtu dílků stupnice (d_{st}) a dílků naměřených (d_n) podle vztahu:

$$I_m = I_0 d_n / d_{st}.$$

Příklad: Měřidlo po připojení neznámého rezistoru bude ukazovat 35 dílků, $I_m = (0,250 \text{ mA} \cdot 35) / 100 = 0,0875 \text{ mA}$, jeho odpor bude:

$$R_x = (U_b / I_m) - R = (1,5 \text{ V} / 0,0875) - 6 \text{ k}\Omega = 11,142 \text{ k}\Omega.$$

Je nevhodné mít na celých dílcích stupnice měřidla neokrouhlé hodnoty odporu. Proto si pro zhotovení tabulky a stupnice výpočet upravíme. Ze základního vzorce:

$$R_x = (U_b / I_m) - R$$

si vyjádříme I_m :

$$I_m = U_b / (R_x + R).$$

Proud I_m protékající měřidlem nás bude zajímat pro celé hodnoty odporu R_x . Abychom nemuseli přepočítávat proud a mohli pracovat jen s dílkami stupnice, upravíme rovnici tak, že za proud I_m

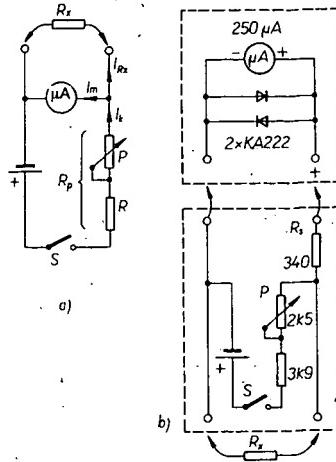
dosadíme vztah pro přepočet dílků na proud:

$$\frac{I_0 \cdot \text{počet dílků vypočtených } (d_n)}{\text{počet dílků stupnice } (d_{st})} = \frac{U_b}{R_x + R}$$

Naměřené nebo lépe vypočtené dílky stupnice (d_n) vyjádříme úpravou rovnice: $d_n = (U_b / (R_x + R)) (d_{st} / I_0)$.

Příklad: Chceme vědět, na kterém dílku stupnice bude značka pro odpor 20 kΩ.

$$d_n (\text{dílky}) = \frac{U_b}{R_x + R} \cdot \frac{d_{st}}{I_0} = \frac{1,5 \text{ V}}{20 \text{ k}\Omega + 6 \text{ k}\Omega} \cdot \frac{100 \text{ dílků}}{0,250 \text{ mA}} = 23,07 \text{ dílky.}$$



Obr. 81: Zapojení proudového ohmmetu; a) schéma zapojení, b) schéma zapojení ohmmetu s použitím základní části s měřidlem

Konstantní proud I_k (baterie s R_p je zdrojem konstantního proudu) je součtem I_m a I_{Rx} , proto můžeme psát:

$$\frac{I_m}{I_k} = \frac{R_x}{R_x + R_0} = \frac{\text{počet dílků naměřených } (d_n)}{\text{počet dílků stupnice } (d_{st})}$$

nebo:

$$R_x / (R_x + R_0) = d_n / d_{st}.$$

Z toho úpravou dostáváme:

$$R_x = R_0 (d_n / d_{st} - 1).$$

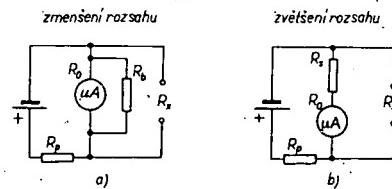
U proudového ohmmetu tedy porovnáváme neznámý odpor R_x s poměrně malým vnitřním odporem měřidla. Tento odpor určuje rozsah proudového ohmmetu a při odporu R_x rovnému vnitřnímu odporu měřidla (R_0) bude ručka uprostřed stupnice za předpokladu, že ohmmetr je napájen ze zdroje konstantního proudu.

Provedení ohmmetu

Protože používáme stejné měřidlo jako pro ohmmetr napěťový ($I_0 = 0,250 \text{ mA}$, $R_p = 260 \Omega$, $U_0 = 65 \text{ mV}$) a napájecí baterii 1,5 V, budeme mít zájem, aby stupnice byla stejně dělena. U napěťového ohmmetu jsme měli uprostřed stupnice odpor 6 kΩ a na stupni měli možnost dobře číst odpory 600 Ω až 6 kΩ. Proudový ohmmetr navrhнемe tak, aby ručka uprostřed stupnice ukazovala odpor 10× menší, tj. 600 Ω. Bude tedy nutné zvětšit vnitřní odpor měřidla z 260 Ω na 600 Ω přidáním sériového rezistoru (obr. 82b):

$$R_s = 600 \Omega - 260 \Omega = 340 \Omega.$$

Pevné rezistory, potenciometr, spínač, baterii a 4 zdírky vestavíme do krabičky



Obr. 82: Princip úpravy rozsahu měřidla pro proudový ohmmetr; a) zmenšení rozsahu paralelním rezistorem, b) zvětšení rozsahu sériovým rezistorem

B-4b Proudový ohmmetr

Napěťový ohmmetr měří dobře velké odpory. Potrebujeme-li dobře měřit i malé odpory, použijeme tzv. proudový ohmmetr. U ohmmetu se neznámý odpor R_x připojuje paralelně k měřidlu – představuje vlastně bočník a zvětšuje proudový rozsah měřidla (obr. 81a). Při spojených svorkách pro R_x (nulový odpor) ukazuje proudový ohmmetr nulovou hodnotu (obráceně než ohmmetr napěťový) a při rozpojených svorkách maximální výchylku. Ohmmetr musí být opatřen spínačem baterie.

Protéká-li měřidlem proud I_m a měřeným odporem proud I_{Rx} , pak lze napsat:

$$I_m / I_{Rx} = R_x / R_0$$

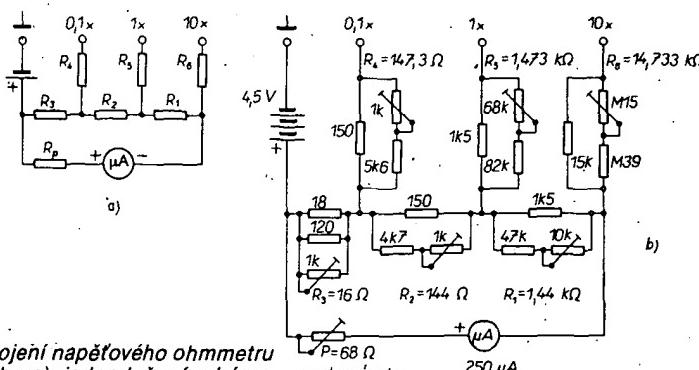
kde R_0 je vnitřní odpor měřidla. Platí, že

a zapojíme podle obr. č. 81b. Na jeden pár základního měřidla a na druhý pár R_x .

Navrhovaný proudový ohmmetr slouží k seznámení se s zapojením a zjednodušenou teorií těchto přístrojů. Takto navržený proudový ohmmetr nebude měřit přesně (především malé odpory), neboť není splněna základní podmínka pro zdroj konstantního proudu: R_p by měl být 50 až 100× větší než odpor měřidla.

B-4c Napěťový ohmmetr s třemi rozsahy

Chceme-li měřit jedním přístrojem rezistory malých i velkých odporů, je možné buď přepínat napěťový ohmmetr na proudový – nevýhodou je obrácená stupnice, nebo použít napěťový ohmmetr s kombinovaným děličem pro několik rozsahů – výhodou je jedna stupnice. Rozhodneme se pro druhou variantu, zvolíme přístroj se třemi rozsahy a napájecím napětím 4,5 V podle obr. 83. V zásadě jde o miliampérmetr s bočníkem pro tři proudové rozsahy.



Obr. 83. Zapojení napěťového ohmmetru s třemi rozsahy; a) zjednodušené schéma, b) skutečné zapojení

hy. Použijeme naše měřidlo s $I_0 = 0,25\text{ mA}$. Připojením bočníku (R_1 , R_2 , R_3) zvětšíme proudový rozsah měřidla. Zvolíme první rozsah $I_1 = 0,3\text{ mA}$, druhý $I_2 = 3\text{ mA}$ a třetí $I_3 = 30\text{ mA}$. Aby bylo možno snadno nastavit nulu (vyrovnat napětí baterie o 20 % při jejím stárnutí), zvětšíme U_0 o 20 % proměnným rezistorem R_p , U_0 bude tedy možno nastavit v rozmezí 65 mV až 80 mV (U'_0).

Při nastavení ručky měřidla na 0 Ω bude měřidlem protékat proud 0,25 mA. Celkový odpor obvodu

$$R = R_p + R_0; R = U'_0/I_0 = 80\text{ mV}/0,25\text{ mA} = 320\ \Omega,$$

odpor měřidla $R_0 = 260\ \Omega$, předřadný rezistor R_p bude:

$$R_p = R - R_0 = 320\ \Omega - 260\ \Omega = 60\ \Omega.$$

Pro nastavení nuly použijeme drátový potenciometr (WN 691 70, 68 Ω).

Odpory rezistorů R_1 , R_2 , R_3 počítáme ze základních údajů a proudu:

$$\begin{aligned} I_0 &= 0,25\text{ mA}, \quad I_1 = 0,3\text{ mA}, \\ R_0 &= 260\ \Omega, \quad I_2 = 3\text{ mA}, \\ R'_0 &= 320\ \Omega, \quad I_3 = 30\text{ mA}. \end{aligned}$$

Celkový odpor bočníku

$$(R_b = R_1 + R_2 + R_3):$$

$$\begin{aligned} R_b &= R'_0 \frac{I_0}{I_1 - I_0} = \\ &= 320\ \Omega \frac{0,25\text{ mA}}{0,3\text{ mA} - 0,25\text{ mA}} = 1,6\ \text{k}\Omega. \end{aligned}$$

$$\text{Rezistor } R_1: R_1 = I_0 (R_b + R_0) \frac{I_2 - I_1}{I_2} =$$

$$= 0,250\text{ mA} (1,6\ \text{k}\Omega + 0,32\ \text{k}\Omega).$$

$$\frac{3\text{ mA} - 0,3\text{ mA}}{3\text{ mA} \cdot 0,3\text{ mA}} = 1,44\ \text{k}\Omega.$$

Stejně vypočítáme R_2 , $R_2 = 0,144\ \text{k}\Omega$, a $R_3, R_3 = 16\ \Omega$. Zbývá vypočítat předřadné rezistory R_4 , R_5 , R_6 pro jednotlivé rozsahy. Pro proudu $I_1 = 0,3\text{ mA}$ a napájecí napětí 4,5 V bude celkový odpor obvodu R_{c1} :

$$R_{c1} = U_b/I_1 = 4,5\text{ V}/0,3\text{ mA} = 15\ \text{k}\Omega.$$

R_6 vypočteme:

$$R_6 = R_{c1} - U'_0/I_1 = 15 - (0,08/0,3) = = 14,733\ \text{k}\Omega.$$

Stejně postupujeme při výpočtu R_5 pro proud I_2 , a při výpočtu R_4 pro proud I_3 ,

$$R_5 = 1,473\ \text{k}\Omega, \quad R_4 = 0,1473\ \text{k}\Omega.$$

nepřesnosti ohmmetu. Nejlepší je použít nejbližší větší odpor v řadě, vypočítat k němu paralelní odpor a ten nahradit odporným trimrem. Tím získáme možnost nastavíti přesně odpory rezistorů při cejchování. Pro možnost jemného nastavení lze místo trimru použít kombinaci rezistor + trimr v sérii (odpor trimru by měl mít asi 20 % potřebného odporu). Odpor R_1 bude tedy tvořen rezistorem z řady E12 (1,48 k Ω) a rezistorem 47 k Ω v sérii s odporným trimrem 10 k Ω . Stejně postupujeme při R_2 a dalších rezistorzech.

Rezistory R_1 , R_2 , R_3 umístíme na jednu destičku a R_4 , R_5 , R_6 na druhou. Nejprve připojíme k měřidlu bočníky R_1 , R_2 , R_3 . Potenciometr pro nastavení nuly nastavíme tak, aby úbytek na R_p a měřidlo bylo vypočítaných 80 mV. Pak nastavíme R_1 , tak, aby konečná výchylka ručky měřidla odpovídala přesnému proudu 30 mA. Zkontrolujeme střed stupnice (15 mA). Souhlasit musí především střed stupnice, tam se měří nejčastěji. Po nastavení nejvyššího rozsahu nastavujeme rozsah 3 mA a na konec 0,3 mA. Po skončení vše znova zkontrolujeme a případné odchyly upravíme. Při cejchování máme v sérii spolehlivé měřidlo (Avomet apod.).

Tím jsme z našeho měřidla zhotovili miliampérmetr s rozsahy 0,3 – 3 – 30 mA. Připojíme R_4 , R_5 , R_6 a přístroj cejchujeme jako voltmeter na jmenovité napětí baterie. Připojíme stabilizovaný zdroj (4,5 V, kontrolujeme přesným voltmetrem) a R_4 , R_5 a R_6 nastavíme tak, aby ručka našeho měřidla byla přesně na konci stupnice při napětí 4,5 V. Ověříme ještě funkci potenciometru pro nastavení nuly. Zmenšíme napájecí napětí o 10 %, ručku nastavíme na konec stupnice a změněné napětí připojíme i na ostatních dvou rozsazích – ručka by měla ukazovat vždy konec stupnice. Používáme-li jako zdroj baterii (je to zdroj měkký), bude nutné nulu nastavit na každém rozsahu.

Stupnice zhotovíme pro prostřední rozsah, tj. 0 až 150 k Ω , bude mít zhruba logaritmický průběh. Přibližně uprostřed stupnice bude 15 k Ω . Zvolíme si R_x a vypočteme délky stupnice. Nejprve určíme konstantu k z napěti baterie U_b , délku stupnice d_{st} a rozsahu měřidla upraveného pro daný měřicí rozsah I'_0

$$k = U_b d_{st} / I'_0 = (4,5\text{ V} \cdot 100)/3\text{ mA} = 150.$$

Zjednodušené vzorec pro výpočet délky (d_n), odpovídající zařazenému neznámému rezistoru R_x o odporu např. 0,2 k Ω k přístroji, je:

$$\begin{aligned} d_n &= k/(R_x + R_{c2}) = 150/(0,2 + 1,5)\text{ k}\Omega = = 88,235 \text{ dílků}. \quad \text{Pro } R_x = 0,4\ \text{k}\Omega \text{ bude} \\ &= 150/(0,4 + 1,5)\text{ k}\Omega = 78,947 \text{ dílků}. \quad \text{Podle stejného vzorce vypočteme všechny ostatní údaje do tabulky (tab. 8). Stupnice nakreslíme na proužek papíru pod lineární stupnicí 0 až 100 dílků (obr. 84)} \end{aligned}$$

Provedení

Napěťový ohmmetr s třemi rozsahy umístíme do krabičky bez měřidla. Do krabičky namontujeme zdírky, rezistory R_1 až R_6 , drátový potenciometr 68 Ω (nebo vrstvový 100 Ω). Vrstvové potenciometry jsou výhodnější pro možnost jemnějšího nastavení.

K předřadným rezistorům a rezistorům bočníku: Rezistor $R_1 = 1,44\ \text{k}\Omega$ se nevyrábí, použijeme proto odporník větší, nejbližší v řadě E12 nebo E24, tj. 1,5 k Ω a přesně ho změříme. Naměříme např. 1,48 k Ω . Požadovaného odporu 1,44 k Ω dosáhneme paralelním připojením rezistoru R_{x1}

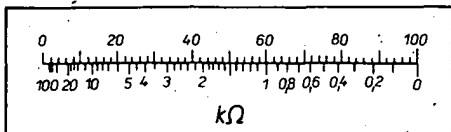
$$\frac{1}{R_{x1}} = \frac{1}{1,44\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{1,48\ \text{k}\Omega};$$

$$R_{x1} = 53,27\ \text{k}\Omega.$$

53,27 k Ω se také nevyrábí; bud ho můžeme „vyměřit“ z 56 k Ω , nebo spojit do série 39 k Ω + 12 k Ω , popř. použít 56 k Ω bez měření a spokojit se s malou

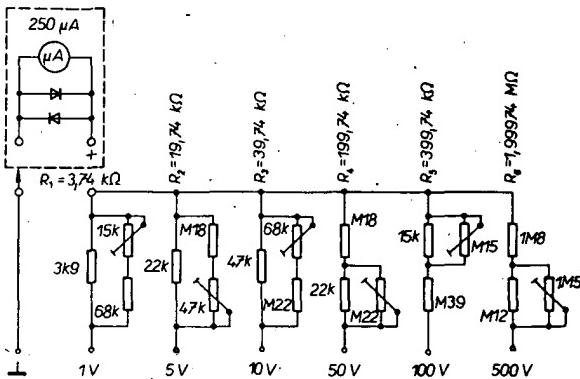
Tab. 8. Odpory R_x [k Ω] a vypočítané délky stupnice

R_x	Délky	R_x	Délky	R_x	Délky
0	100	2,5	37,500	40	3,614
0,1	93,750	3	33,333	50	2,912
0,2	88,235	3,5	30,000	60	2,439
0,3	83,333	4	27,272	70	2,097
0,4	78,947	4,5	24,999	80	1,840
0,5	75,000	5	23,076	90	1,639
0,6	71,428	6	20,000	100	1,477
0,7	68,181	7	17,647	110	1,345
0,8	65,217	8	15,789	120	1,234
0,9	62,499	9	14,285	130	1,140
1	60	10	13,043	140	1,060
1,5	49,929	20	6,976	150	0,990
2	42,857	30	4,761		



Obr. 84. Příklad nakreslení a průběhu stupnice pro napěťový ohmmetr

Obr. 86. Schéma zapojení voltmetu s několika rozsahy

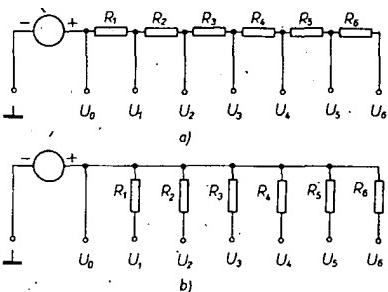


a nalepíme na krabičku našeho vícerozsa-hového ohmmetru.

Poznámka. Pozor na polaritu svorek ohmmetrů, je důležitá při zkoušení polovodičových prvků. Řídí se podle polarity baterie a nikoli podle polarity měřidla! Polaritu svorek lze vysledovat ze schématu na obr. 83. Nejsme-li si u některých ohmmetrů polaritu jistí, připojíme na jeho svorky místo rezistoru R_x stejnosměrný voltmetr a o polaritě svorek se přesvědčíme měřením. Např. v Avometu II není na střední svorce označené + při měření odporu kladný pól, ale kladný pól napájecího napětí tam musí být přes měřený rezistor nebo polovodičový přechod přiveden, aby přístroj ukazoval správně. Z uvedených důvodů často vznikají rozdílné názory na vodivost měřeného tranzistoru. Musíme si uvědomit, že v elektrotechnice stále platí, že elektrický proud teče od kladného pólu k zápornému, tedy ve směru šípek schematických značek diod a tranzistorů. Šípky tedy ukazují směr toku proudu, tok elektronů je opačný.

B-4d Jednoduchý stejnosměrný voltmetr

K měření stejnosměrných napětí si zhotovíme další doplněk k našemu měřidlu. Pro dobrý voltmetr potřebujeme měřidlo se základním rozsahem I_0 menším než 1 mA, jinak je měřený obvod příliš zatěžován. Měřidlo s $I_0 = 0,250$ mA vyhovuje. Důležitá je vhodná volba měřicího rozsahu s ohledem na stupnici. U několika rozsahových ručkových měřidel nejsou vhodné násobky rozsahu deseti (1 V, 10 V, 100 V atd.), rozsahy se málo překrývají a na začátku stupnice je pak čtení málo přesné. Vhodné jsou násobky třemi - tj. 1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000; vyžaduje to však dvě stupnice. Nejlepší jsou násobky dvěma (např. Avomet - 3, 6, 12, 30, 60, 120, 300, 600). Čtení je pak velmi dobré a stačí jedna stupnice. Pro naš voltmetr a stupnici dělenou na 100



Obr. 85. Zapojení předřadních rezistorů pro voltmetr s několika rozsahy; a) zapojení rezistorů v sérii, b) zapojení rezistorů voltmetu, kdy každý rozsah má svůj rezistor

dílků zvolíme kompromis: násobíme 5 nebo dělíme 2. Navrhované rozsahy jsou: 1, 5, 10, 50, 100, 500 V. Předřadné rezistory pro voltmetr mohou být zapojeny dvěma způsoby: buď za sebe (v sérii) – výhodou je, že jednotlivé rezistory vycházejí menší jak odporem v Ω , tak ztrátou ve W (při měření na nejvyšším rozsahu teče proud všemi rezistory, obr. 85a), nebo musí být pro každý rozsah samostatný rezistor. Výhodou je, že se odpory rezistorů snadněji nastavují a při nastavování vzájemně neovlivňují (obr. 85b). Zvolíme druhý způsob. Měřicí rozsahy budeme volit přepojováním zkoušecího hrotu do příslušných zdírek (jedna zdírka společná a šest zdírek pro jednotlivé rozsahy). Odpor upevníme na děrované destičky a použijeme opět sérioparalelní kombinace. Zapojení je na obr. 86.

Výpočet předřadníků

Potřebujeme znát odpor měřidla na 1 V (pro měřidlo 0,25 mA):

$$R_{1V} = 1/0,25 \text{ mA} = 4 \text{ k}\Omega$$

Pro rozsah 1 V potřebujeme R_1 :

$$R_1 = (\text{měřicí rozsah} \cdot R_{1V}) - (\text{odpor měřidla } R_0) = (1 \text{ V} \cdot 4 \text{ k}\Omega) - 0,260 \text{ k}\Omega = 3,74 \text{ k}\Omega$$

Použijeme rezistor 3,9 kΩ, změříme ho – jeho odpor je 3,93 kΩ, potřebujeme paralelní rezistor R_{x1} :

$$\frac{1}{R_{x1}} = \frac{1}{3,74} - \frac{1}{3,93}$$

$$R_{x1} = 77,35 \text{ k}\Omega$$

Použijeme rezistor 68 kΩ a odporný trimr 15 kΩ v sérii. Stejně budeme postupovat při výpočtu R_2 až R_6 .

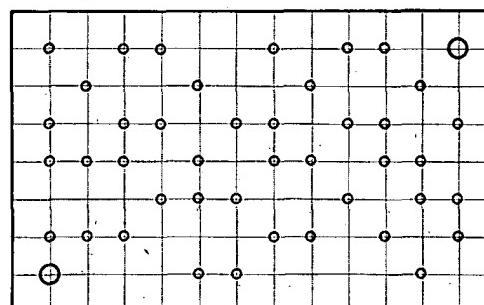
Doplňkové sériové rezistory se vždy snažíme použít s co nejmenším odporem, abychom měli možnost jemného nastavení.

Známe-li R_1 až R_6 , vypočítáme jejich zatížení ve wattech při plné výchylce měřidla ze vztahu:

$$P = R^2 / [W; \Omega, A]$$

Za / dosazujeme proud měřidla. Uvažujeme-li, že úbytek napětí na měřidle je velmi malý, „spotřebuje se“ téměř veškeré měřené napětí na předřadném odporu. Zvolíme si proto k výpočtu jednodušší vztah $P = UI$, $P_{R1} = 1 \text{ V} \cdot 0,000 25 \text{ A} = 0,000 25 \text{ W}$, tj. 0,25 mW.

Stejně vypočítáme i $P_{R2} = 1,25 \text{ mW}$, $P_{R3} = 2,5 \text{ mW}$, $P_{R4} = 12,6 \text{ mW}$, $P_{R5} = 25 \text{ mW}$, $P_{R6} = 0,125 \text{ W}$, rezistory můžeme proto použít typu TR 212, pouze



Obr. 87. Destička pro voltmetr s několika rozsahy; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

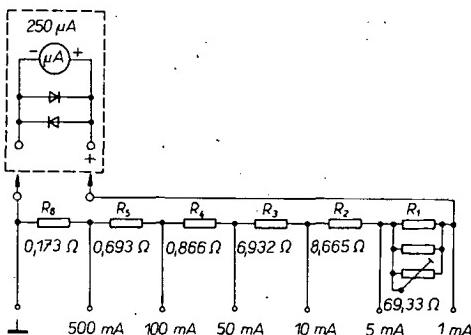
R_6 zvolíme typu TR 213. Rezistory a odporové trimry upevníme na děrovanou destičku podle obr. 87a a zapojíme podle obr. 87b a schématu.

Cejchování

K cejchování jednotlivých rozsahů použijeme regulovatelný zdroj a dobrý voltmetr (např. Avomet II). Začneme od nejnižšího rozsahu 1 V. Avomet II nastavíme na rozsah 3 V, oba voltmetry zapojíme paralelně a výstupní nápláti zdroje nastavíme přesné na 1 V (čteme na Avometu). Ručku cejchovaného voltmetru nastavíme na konec stupnice opatrným otáčením trimrem pro rozsah 1 V. Pak zkontrolujeme střed stupnice, 0,5 V. Nesouhlasí-li, rozhodněme se, na kterém místě stupnice budeme cejchovat. Uvádíme-li, že většinou se čtou údaje na jiných místech stupnice než na konci, dáváme někdy přednost přesnému nastavování rozsahu v polovině stupnice. Chyba v linearitě stupnice bývá způsobena tím, že většina panelových přístrojů má stupnice tištěné a nepřizpůsobené přesné systému měřidla. Chyba v procentech je na stupnici vyznačena v pravém rohu dole a my nevíme, v kterém místě stupnice je největší.

B-4e Jednoduchý miliampérmetr

Stejným způsobem jako voltmetr si zhotovíme doplněk k našemu měřidlu pro měření stejnosměrných proudů. Proudové rozsahy zvolíme stejně: 1 – 5 – 10 – 50 – 100 – 500 mA. Rezistory pro jednotlivé rozsahy jsou zapojeny podle obr. 88 v sérii a tvoří dohromady bočník pro nejnižší



Obr. 88. Schéma zapojení miliampérmetru s několika rozsahy
(paralelně k R_1 je 470Ω a trimr $4,7 \text{ k}\Omega$)

proudový rozsah. Měřicí rozsah budeme volit přepojováním zkusebních hrotů do příslušných zdírek (jako u voltmetru).

Výpočet bočníku

Pro výpočet potřebujeme znát základní proudový rozsah měřidla I_0 (je $0,25 \text{ mA}$) a vnitřní odpor R_0 měřidla (je 260Ω). Požadovaným proudovým rozsahům I_1 odpovídají příslušné rezistory (bočníky), pro rozsah $I_1 = 1 \text{ mA}$ bude bočník R_1 , pro $I_1 = 5 \text{ mA}$ bude bočník R_2 až pro $I_1 = 500 \text{ mA}$ bude R_6 . Nejprve vypočteme celkový odpor bočníku R_b :

$$R_b = R_0 \frac{I_0}{I_1 - I_0} = 0,26 \text{ k}\Omega \quad \frac{0,25 \text{ mA}}{1 \text{ mA} - 0,25 \text{ mA}}$$

$$= 0,08666 \text{ k}\Omega = 86,66 \Omega.$$

$$\text{Pak } R_1 = I_0 (R_b + R_0) \frac{(I_2 - I_1)/(I_2 I_1)}{= 0,25 \text{ mA} (0,0866 \text{ k}\Omega + 0,26 \text{ k}\Omega) \frac{(5 - 1) \text{ mA}}{(5 \cdot 1) \text{ mA}} = 0,06933 \text{ k}\Omega = 69,33 \Omega.$$

Stejným způsobem vypočítáme R_2 ($8,665 \Omega$), R_3 ($6,932 \Omega$), R_4 ($0,8665 \Omega$) a R_5 ($0,6932 \Omega$).

Poslední z bočníků, R_6 , počítáme podle vztahu:

$$R_6 = (R_b + R_0) (I_0/I_6), \\ R_6 = (0,0866 \text{ k}\Omega + 0,26 \text{ k}\Omega) \cdot (0,25 \text{ mA}/500 \text{ mA}) = 0,0001733 \text{ k}\Omega = 0,1733 \Omega. \\ \text{Zkontrolujeme, zda se součet všech bočníků } R, \text{ až } R_6 \text{ rovná } R_b: \\ R_b = 69,33 + 8,665 + 6,932 + 0,8665 + \\ + 0,6932 + 0,1733 = 86,66 \Omega.$$

Vyhovuje.

Vypočítáme zatížení jednotlivých odporů ve watttech ze vztahu $P = R^2 I^2$; zatížení R_1 bude $69 \mu\text{W}$, R_2 $0,21 \text{ mW}$, R_3 $0,69 \text{ mW}$, R_4 $2,1 \text{ mW}$, R_5 $6,9 \text{ mW}$, R_6 43 mW .

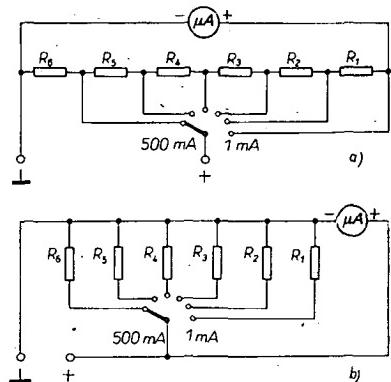
$R_1 = 69,33 \Omega$ zhotovíme z rezistorů 82Ω a 470Ω , zapojených paralelně. Pro jemné nastavení zapojíme k odporům paralelně odporový trimr $4,7 \text{ k}\Omega$, R_2 až R_6 zhotovíme z odporového drátu ze starých drátových potenciometrů, případně z drátových odporů lakovaných, nebo tmeleňských. Protože se velmi těžko měří malé odopy, změříme odpor jednoho nebo několika metrů drátu a pro příslušný odpor si délku úměrou vypočteme. Příklad: Drát délky $l = 2 \text{ m}$ (přesné) má odpor $31,84 \Omega$. Potřebujeme-li $R_2 = 8,665 \Omega$, kolik metrů l_x drátu potřebujeme?

$$R : l = R_2 : l_x$$

vypadá dleto – $l_x = R_2 l / R = (8,665 \cdot 2) / 31,84 = 0,5442 \text{ m}$. Stejným způsobem vypočteme ostatní odopy. Jaké tloušťky použít odporový drát pro jednotlivé odopy, aby se průchodem proudu příliš neohříval? Pro naše účely stačí jednoduchá úvaha – průměr drátu v mm vynásobíme dvěma a dostavíme maximální proud v A, kterým můžeme odporový drát zatížit, pro nejvyšší proudový rozsah $0,5 \text{ A}$ stačí tedy drát o $\varnothing 0,25 \text{ mm}$. Drát ustříhne asi o 5% delší, abychom měli možnost při cejchování odpor přesné nastavit. Konce drátu dobře očistíme (nožem, jemným smirkovým papírem) a pociňujeme. Většina odporových drátů se špatně pájí. Pokusíme se proto po očištění konce pociňovat na proužku novoduru, který v jednom místě důkladně nahřejeme pistolovou páječkou, až se ohřáté místo spálí (černá). Pak na zářenalé místo nanesešme dostatek kalafulny a kapku cínu. Na toto místo položíme konec odporového drátu, přitiskneme smyčkou pistolové páječky a ohřejeme. V roztaženém cínu a kalafulu drátem pohybujeme po „spáleném“ novoduru. Po několikerém protažení se většina odporových drátů pocinuje tak, že je můžeme připájet. Dobře se tímto způsobem cíní i konce lakovaných drátů a vílanek, aniž bychom je museli čistit mechanicky. Odporový drát s pociňovanými konci navineme na vrstvový rezistor $0,25$ až 1 W o odporu desítek $\text{k}\Omega$. Jeden konec odporového drátu „natocíme“ na vývod rezistoru a připájíme. Druhý konec připájíme jen provizorně.

ve nejnižší rozsah 1 mA . Do série s cejchovaným přístrojem zapojíme přesný miliampérmetr (Avomet II) a sériový rezistor asi $4,7 \text{ k}\Omega$. Přístroj připojíme na regulovatelný zdroj a na Avometu nastavíme přesně 1 mA . Otáčíme trimrem u R_1 , až cejchovaný přístroj ukazuje přesně plnou výhylku 1 mA . Tím je nastaven bočník a začínáme cejchovat od R_6 , tj. nejvyšší proudový rozsah. Nestačí-li zdroj dodat potřebný proud, spokojíme se s nastavením např. při polovičním proudu, např. rozsah 500 mA cejchujeme při proudu 250 mA . Ukazuje-li cejchovaný přístroj větší výhylku než má, odporový drát zkrátíme. Shoduje-li se údaj cejchovaného přístroje s údajem Avometu, je rozsah nastaven a cejchujeme další. Celý postup opakujeme tak dlouho až zjistíme, že jsou všechny rozsahy správně nastaveny. Pak pečlivě připájíme provizorně přájené kontace odporových drátů.

Místo zdírek můžeme použít u přístroje přepínač a zapojit bočníky podle obr. 89a.



Obr. 89. Schéma zapojení miliampérmetru s přepínačem; a) při použití sdruženého bočníku (výhodné), b) při použití samostatných bočníků (nevýhodné)

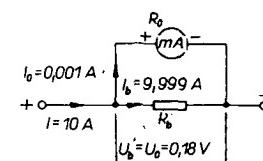
Někdy se vyskytuje zapojení, která mají pro každý rozsah samostatný bočník (obr. 89b). Při nastavování se jednotlivé bočníky vzájemně neovlivňují, nevýhodou však je, že při přepínání rozsahů je po krátkou dobu měřidlo bez bočníku a teče jím plný proud (možnost zničení měřidla). Další nevýhodou je, že při měření na vyšších proudových rozsazích je měřidlo silně tlumeno. Proto použijeme raději sdruženého bočníku.

B-4f Stejnosměrný ampérmetr

Chceme si z ručkového měřidla (např. miliampérmetru MP80) se základním rozsahem 1 mA zhotovit ampérmetr pro proud 10 A . Tedy nepřepínáný měřicí přístroj s jedním odporem, zapojeným paralelně k měřidlu jako bočník (obr. 90).

Výpočet bočníku

Měřením a výpočtem jsme zjistili, že měřidlo má základní proudový rozsah



Obr. 90. Schéma zapojení miliampérmetru při použití jako ampérmetru

$I_0 = 1 \text{ mA}$, vnitřní odpor $R_0 = 180 \Omega$ a úbytek napětí při plné výchylce $U_0 = 180 \text{ mV}$. Víme, že plná výchylka měřidla má odpovídat proudu 10 A. Musíme tedy připojit k měřidlu paralelně rezistor (bočník), jímž potéce proud 9,999 A a měřidlo 0,001 A (1 mA). Ze základních údajů víme, že při plné výchylce měřidla je na jeho svorkách (tedy i na bočníku) napětí 0,18 V (180 mV). Je tedy snadné vypočítat odpor bočníku R_b z Ohmova zákona:

$$R_b = \frac{U_0}{I_b} = 0,18 \text{ V} / 9,999 \text{ A} = 0,0180018 \Omega.$$

Takový odpor se nesnadno měří a zhodujeme v amatérských podmínkách. Proto si pomůžeme tak, že ho zhotovíme z tenkého plechového pásku (obr. 91a), jehož rozměry vypočteme z měrného odporu použitého materiálu. Bočník zhotovíme s menším odporem (o 5 až 10%) a při cejchování pásek pilníkem zužujeme nebo odvrtáváme malé díry (zmenšuje se průřez – zvětšuje se odpor), až přístroj ukáže správnou výchylku. Materiál na bočník musí být dostupný a musí mít velký měrný odpor ρ a malý teplotní součinitel odporu α :

Materiál	$\alpha [^{\circ}\text{C}]$	$\rho [\Omega \text{ mm}^2/\text{m}]$
ocel	0,005	0,1 až 0,2
měď	0,004	0,0178
hliník	0,004	0,027
zinek	0,004	0,06
mosaz	0,005	0,08
transform. plech	0,0009	0,5
topný drát Kanthal	0,00006	1,4
konstantan	0,00005	0,5
manganin	0,00002	0,42

Z tabulky vidíme, že dostupným a vyhovujícím materiélem je mosaz, použit lze i transformátorový plech (křemíkový – 4% Si). Má velký měrný odpor, lepší teplotní součinitel než mosaz a je běžně k dispozici.

Bočník z mosazi

Jak velký průřez budé mít pásek bočníku pro proud 10 A? Mosaz má asi 4,4× větší odpor než měď, volíme tedy proudové zatížení 4,4× menší než u mědi (až 20 A/mm²), tj. 4,5 A/mm². Pro proud 10 A potřebujeme průřez S :

$$S = \frac{10 \text{ A}}{4,5 \text{ A/mm}^2} = 2,2 \text{ mm}^2.$$

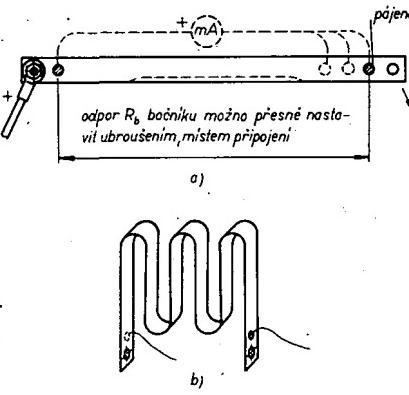
Zvolíme-li si mosazný plech tl. 0,3 mm, bude jeho šířka s :

$$s = \frac{S}{t_l} = \frac{2,2}{0,3} = 7,33 \text{ mm}.$$

Délka pásku l pro odpor bočníku $R_b = 0,0180018 \Omega$ bude za předpokladu, že měrný odpor mosazi $\rho = 0,08 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$:

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{0,0180018 \Omega \cdot 2,2 \text{ mm}^2}{0,08 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}} = 0,495 \text{ m}.$$

Budeme-li používat ampérmetr jen pro krátkodobé měření, můžeme průřez zmenšit na polovinu. Tím se délka pásku zkrátí také na polovinu. Místo mosazného pásku můžeme použít i drát. Pásek nebo drát vytvarujeme do meandru (obr. 91b), aby zabíral co nejméně místa a dobře se chladi. Vývody k měřidlu na bočník připájíme nebo přisrouboujeme. Protože je přesné nastavení odporu bočníku pilováním pracné, je výhodnější zhotovit bočník s větším odporem a vývody k měřidlu



Obr. 91. Provedení bočníku ampérmetru; a) z pásku rovného, b) z pásku tvarovaného

připájet z toho místa pásku, kdy při jmenovitém proudu ukazuje měřidlo správnou výchylku.

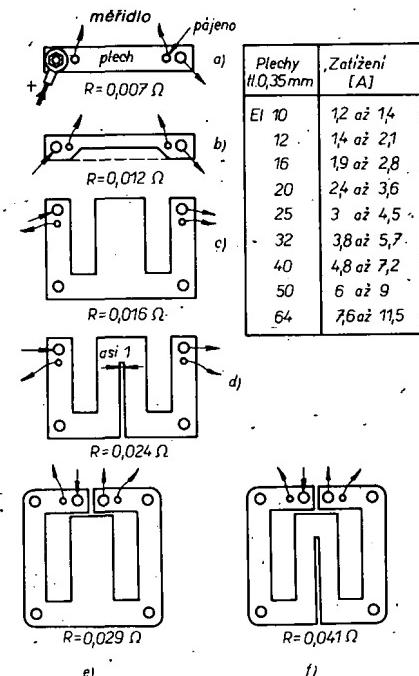
Bočník z transformátorových plechů

Transformátorový křemíkový plech má měrný odpor $\rho = 0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ a teplotní součinitel $\alpha = 0,0009$ – je to materiál z hlediska dostupnosti pro radioamatéra velmi výhodný. Protože jeho měrný odpor je asi 28× větší než má měď, měli bychom jej zatěžovat 28× menším proudem na 1 mm² průřezu: Jeho povrch je však hrubý, velký poměr šířky ku tloušťce zajišťuje velký povrch – materiál se může dobře chladit, proto vyhovuje v praxi dobré zátěž 0,8 až 1,2 A/mm². Potřebný průřez:

$$S = \frac{10 \text{ A}}{1 \text{ A/mm}^2} = 10 \text{ mm}^2.$$

Plech I50 má průřez $25 \times 0,35 = 8,75 \text{ mm}^2$ a činnou délku asi 125 mm = 0,125 m. Odpor R pásku:

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,125 \text{ m}}{8,75 \text{ mm}^2} = 0,00714 \Omega.$$



Obr. 92. Použití transformátorových plechů na bočníky měřidel; a) plech I, b) plech upravený I, c) plech E, d) plech E upravený, e) plech M 1x rozstřízený, f) plech M 2x rozstřízený

Při proudu 10 A vznikne na pásku plechu I50 úbytek napětí U :

$$U = RI = 0,00714 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 0,0714 \text{ V} = 71,4 \text{ mV}.$$

Pro zadané měřidlo s $U_0 = 180 \text{ mV}$ je to napětí malé. Pro krátkodobé měření můžeme pásek odstranit po délce a použít jen polovinu, tím se zvětší odpor na dvojnásobek: $71,4 \text{ mV} \cdot 2 = 142 \text{ mV}$, což je pro naše měřidlo ještě málo. Napadne nás použít jiný plech, výpočtem se však přesvědčíme, že plechy I10 až I64 mají stejný odpor (0,00714 Ω) a liší se jen průřezem od 1,75 do 12,8 mm². Tedy podle měřeného proudu použijeme různě velký plech I. Potřebujeme-li větší odpor, použijeme plech tvaru E. Na koncích vyvrtáme díry pro přívody (obr. 92c). Oproti plechu I se prodlouží délka podle středové čáry, přibližně 2,5x. Úbytek napětí se zvětší také 2,5x: $71,4 \text{ mV} \cdot 2,5 = 178,5 \text{ mV}$.

Upravíme-li E plech prostríhanutím (obr. 92d), prodloužíme délku přibližně 3,5x oproti plechu I. Úbytek napětí se zvětší na $71,4 \text{ mV} \cdot 3,5 = 250 \text{ mV}$, což už dobře vyhovuje. Při použití citlivých měřidel nebo při trvale zapnutém bočníku, kdy volíme menší zatížení (0,8 A/mm²), potřebujeme ještě větší úbytek napětí. Použijeme proto plech tvaru M, upravený podle obr. 92e nebo 92f.

Při použití transformátorových plechů dodržujeme několik zásad: Přívod měřeného proudu je oddělen od vývodu k měřidlu, při použití šroubů nestačí plech jen očistit, ale je ho třeba dobré pocinovat a pocinovanou plošku zarovnat pilníkem, aby dotyk byl dokonalý a nekorodoval.

Bočník z topného drátu KANTHAL

Odporový topný drát (nebo pásek) KANTHAL má výborné vlastnosti pro použití na bočníky (viz tabulka). Nevhodou je, že se nedá pájet. Bočníky pro velké proudy proto zhotovíme tak, abychom mohli přívody k bočníku i měřidlu připojit pod šroubky. Odpor bočníku navrhнемe větší a přesnou výchylku měřidla upravíme sériovým odporovým trimrem (obr. 93a).

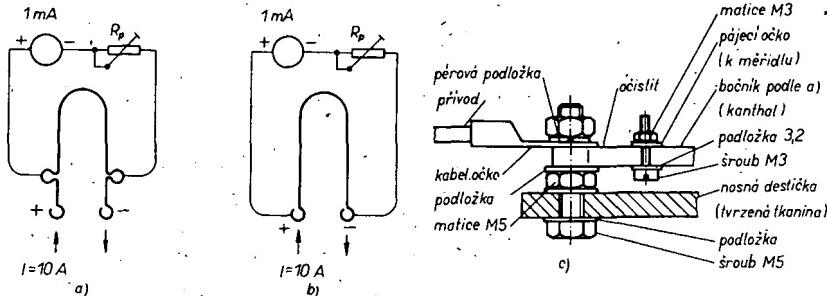
Příklad: K našemu měřidlu s $I_0 = 1 \text{ mA}$, $U_0 = 180 \text{ mV}$ máme navrhnut bočník pro 10 A z topného drátu Kanthal. Měrný odpor Kanthalu je asi 80× větší než u mědi. Aby se neohříval, můžeme jej zatížit proudem I_z :

$$I_z = \frac{\text{dovolené proudové zatížení mědi}}{\text{měrný odpor KANTHALU}} = \frac{20 \text{ A}}{1,4 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}} = \frac{0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}}{0,25 \text{ A/mm}^2} = 0,25 \text{ A/mm}^2.$$

Pro proud 10 A potřebujeme průřez S :

$$S = \frac{10 \text{ A}}{0,25 \text{ A/mm}^2} = 40 \text{ mm}^2.$$

Rozměry bočníku vycházejí neúměrně velké. Tam, kde nepotřebujeme měřit velmi přesně (nabíječky, zdroje, atd.) a tam, kde můžeme umístit bočník tak, že jeho teplo nevadí, je možné kanthalový bočník značně pftetizit. Pro 10 A byl odzkoušen



Obr. 93. Použití kanthalového pásku na bočníky: a) vhodný způsob připojení měřidla, b) nevhodný způsob připojení měřidla, c) skutečné provedení přívodu k bočníku

bočník z kanthalového pásku $5 \times 1 \text{ mm}$ (5 mm^2), umístěný tak, aby se dobře chladi. Jeho povrchová teplota byla asi 200°C . I za těchto podmínek byla změna výchylky měřidla od okamžiku zapnutí (studený bočník) po ohřátí bočníku zanedbatelná.

Použijeme-li kanthalový pásek $5 \times 1 \text{ mm}$ a smíříme-li se s teplem, potřebujeme vypočítat jeho délku. Pro přístroj 1 mA potřebujeme úbytek na bočníku 180 mV . Rozhodneme se pro úbytek větší, např. 250 mV , a výchylku ručky nastavíme přesně sériovým trimrem (obr. 93a). Bočník R_b bude:

$$R_b = U/I = 0,25 \text{ V}/10 \text{ A} = 0,025 \Omega.$$

Ztráta na bočníku bude:

$$P = UI = 0,25 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2,5 \text{ W},$$

což není mnoho, vadí jen teplota drátu. Z výpočtu vidíme, že bočník z Kanthalu může mít malé rozdíly, může být zhotoven jako smyčka, meandr, případně válcová pružina. Vždy pamatujeme na oddelený přívod k měřidlu. Připojení přívodu k bočníku z kanthalového pásku je na obr. 93c.

Bočníky ampérmetru jsou pro většinu začínajících amatérů překážkou, která se zdá neřešitelná. Na příkladech jsme si ukázali řadu řešení a možnost zhotovit bočník bez nutnosti měřit malé odpory, neboť odpory je výhodnější počítat, než měřit. Přívody k bočníkům pro větší proudy oddělujeme od přívodu k měřidlu, ne používáme společný šroub nebo svorník. Přívody k měřidlu vyvádíme z vnitřní části bočníku, máme tak zaručeno, že při uvolnění přívodu měřeného proudu nebo při nedokonalém spoji nemůže téci celý měřený proud do měřidla a poškodit jej. Pro zajištění dobrého kontaktu při připojení bočníku je vhodné používat mosazné svorníky, šrouby, matice, podložky a nezapomenout na podložky pérové.

B-4g Malý stejnosměrný voltampérometr

Pro kontrolu stejnosměrných napětí a proudu, pro rychlou kontrolu šňůr, kontaktů a stavu polovodičových přechodů se obvykle používá malý příruční měřicí přístroj, který nezabírá moc místa a má jednoduchou obsluhu; takový přístroj můžeme vozit na Polní den, rádiový orientační běh, používat při práci s řízenými modely atd. Popis jeho stavby následuje.

Máme k dispozici měřidlo MP40 se základními údaji:

$$I_0 = 100 \mu\text{A} \quad (0,1 \text{ mA}); \quad U_0 = 190 \text{ mV} \quad (0,19 \text{ V}); \quad R_0 = 1900 \Omega.$$

$P_{R2} = 0,0005 \text{ W}, \quad P_{R3} = 0,001 \text{ W},$
 $P_{R4} = 0,005 \text{ W}, \quad P_{R5} = 0,01 \text{ W},$
 $P_{R6} = 0,05 \text{ W}.$ Zatížení P , vypočítané tímto zjednodušeným způsobem, se týká všech rezistorů, kterými měřený proud prochází. Tedy na rozsahu 500 V je ztráta $0,05 \text{ W}$ nikoli pouze na R_6 , ale na R_1 až R_6 . Všechny rezistory mohou být proto miniaturní TR 212, popř. TR 151. Pro měřicí účely jsou nevhodnější rezistory TR 161, stejně dobře výhodní TR 190 nebo TR 191. Vypočítané odpory složíme ze dvou paralelních rezistorů, počítáme je jen u voltmetu podle B-4d. Protože chceme mít měřidlo co nejmenší, nepoužijeme odpověděcí trimry, ale paralelní nebo sériové kombinace.

Výpočet sdruženého bočníku

Bočník pro měření proudu může být buď sdružený, nebo pro každý rozsah samostatný. Pro řadu výhod (B-4e) použijeme bočník sdružený. Jednotlivé rozsahy a příslušné bočníky jsou: $I_0 = 0,1 \text{ mA}$ – základní rozsah měřidla, $I_1 = 1 \text{ mA}$ – R_1 , $I_2 = 10 \text{ mA}$ – R_2 , $I_3 = 100 \text{ mA}$ – R_3 , $I_4 = 500 \text{ mA}$ – R_{10} .

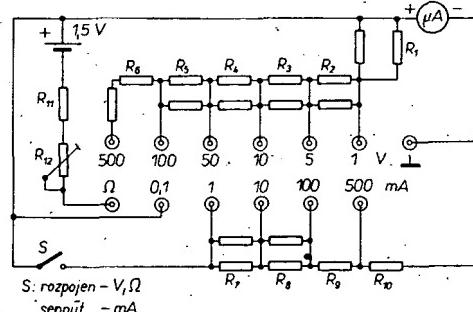
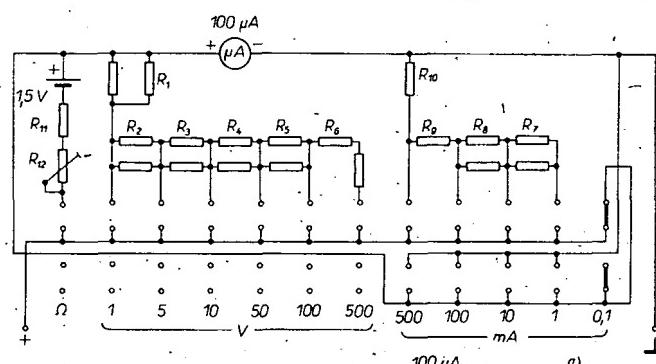
Rozsah 0,1 mA: Využíváme základního rozsahu měřidla, které je připojeno přímo na přívodní svorky. Sdružený bočník není připojen.

Rozsah 1 mA (připojen sdružený bočník): Nejprve celkový odpor R_b bočníku:

$$R_b = R_0 \frac{I_0}{I_1 - I_0} = \frac{1,9 \text{ k}\Omega}{1 \text{ mA} - 0,1 \text{ mA}} = 0,21111 \text{ k}\Omega = 211,11 \Omega.$$

Pak R_7 (počítáme od nejnižšího rozsahu):

$$R_7 = I_0 (R_b + R_0) \frac{I_2 - I_1}{I_2 I_1} = 0,1 \text{ mA} (0,211 \text{ k}\Omega + 1,9 \text{ k}\Omega) \frac{(10 - 1) \text{ mA}}{(10 \cdot 1) \text{ mA}} =$$



Obr. 94. Schéma zapojení stejnosměrného voltampérometru; a) zapojení s přepínačem, b) zapojení se zdírkami

$$= 0,2111 \cdot \frac{9 \text{ mA}}{10 \text{ mA}} = 0,18999 \text{ k}\Omega = 189,99 \Omega.$$

$$R_8 = I_0 (R_b + R_0) \cdot \frac{I_3 - I_2}{I_3} = 18,999 \Omega,$$

$$R_9 = 1,6888 \Omega,$$

$$R_{10} = (R_b + R_0) \cdot \frac{I_0}{I_4} = 0,4222 \Omega.$$

Sečteme odpory jednotlivých rezistorů s dřuženým bočníkem, součet se musí rovnat R_b .

Výpočet sériového odporu pro ohmmetr.

Sériový odpor R_s je složen z pevného rezistoru R_{11} a trimru R_{12} . $R_s = U_0/I_0 = 1,5 \text{ V}/0,1 \text{ mA} = 15 \text{ k}\Omega$. R_{11} zvýšme 10 k Ω a odporný trimr R_{12} bude mít odporn větší než R_s – $R_{11} = 15 \text{ k}\Omega - 10 \text{ k}\Omega = 5 \text{ k}\Omega$.

Volíme 6,8 k Ω . Protože předpokládáme, že rezistory R_7 až R_{10} budou mít malé zatížení, zkонтrolujeme jen zatížení rezistoru pro nejvyšší rozsah (R_{10}):

$$P_{R_{10}} = R I_2 = 0,4222 \cdot 0,5^2 = 0,105 \text{ W}.$$

Z výpočtu vidíme, že na rezistory s dřuženým bočníkem nejsou kladené velké nároky na zatížení. Nejvíce zatěžovaný rezistor R_{10} stačí v provedení 0,1 W, ostatní ještě méně: R_7 a R_8 zhodněme kombinací miniaturních rezistorů a R_9 , R_{10} z odpovídajícího drátu, který navineme na uhlíkový rezistor o odporn desítek k Ω (stejně jako u B-4e).

Provedení

Nemáme-li hotovou krabičku, sestavíme ji z izolačních, pečlivě opracovaných dílů, popř. spájíme z dílů cuprexitu. Podle krabičky navrhne umístění měřidla, přepínače nebo zdírek. Velkou díru pro měřidlo vyřízme lupénkovou pilkou nebo vykroužíme výkružníkem. Podle místa uvnitř krabičky uřízneme pásek z univerzální desky s plošnými spoji a upevníme jej v krabičce. Na jednotlivá polička pájíme rezistory a vývody vedeme spojovacími dráty k přepínači nebo zdírkám. Napájecí článek pro ohmmetr připevníme příchytkou k boku skřínky nebo na desku se spoji a vývody připájíme. Použijeme-li místo přepínače zdírky – obr. 94b – musíme si uvědomit, že s dřuženým bočníkem je připojen k měřidlu jen při měření proudu. Při měření napětí a odporu musí být odpojený.

Cejchování

Protože používáme s dřuženým předradným odporem a s dřuženým bočníkem, musíme cejchovat přístroj určitým postupem. Při cejchování napěťových rozsahů postupujeme takto: Paralelně k našemu přístroji zapojíme přesné měřidlo (Avomet II) a připojíme je k regulovanému zdroji nejlepše přes proměnný odpór (potenciometr 10 k Ω až 1 M Ω – podle cejchovaného rozsahu) – slouží k jemnému nastavení. Cejchovat začnáme od nejnižšího rozsahu (1 V). Jestliže jsme správně počítali a měřili, bude cejchování jen kontrolou správnosti. Nebude-li rozsah souhlasit, zjistíme, o kolik procent se liší údaj naměřený cejchovaným přístrojem od skutečnosti (Avomet II) a odpor rezistoru upravíme.

Příklad: Na rozsahu 1 V nás přístroj ukazuje plnou výhylku – Avomet 1,05 V.

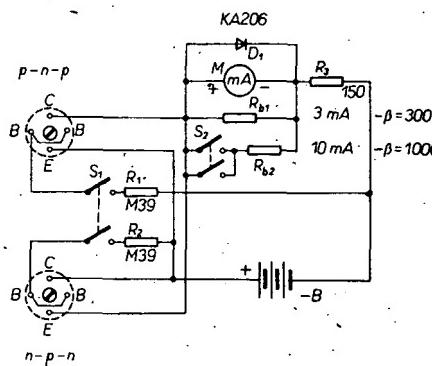
Cejchovaný přístroj má chybu – 5 %. Odpor rezistoru pro rozsah 1 V musíme o 5 % zmenšit výměnu paralelního rezistoru za rezistor s menším odporem nebo připojením dalšího paralelního rezistoru, jehož odporn vypočteme podle dříve uvedeného způsobu. Ukažuje-li cejchovaný přístroj více než Avomet (např. o +5%), je třeba předradný odpor o 5 % zvětšit výměnu paralelního rezistoru za rezistor s větším odporem, nebo připojením třetího rezistoru do série, který má odporn 5 % z vypočítaného odporu R_1 . Tímto způsobem upravíme všechny rozsahy, nebot u předradníku s ohledem na místo nepoužíváme trimry. Proudové rozsahy cejchujeme při zapojení našeho měřidla a Avometu do série včetně sériového potenciometru – nejlépe drátového 15 k Ω až 10 k Ω – podle cejchovaného rozsahu. Zdroj používáme pro malé napětí (0 až 20 V).

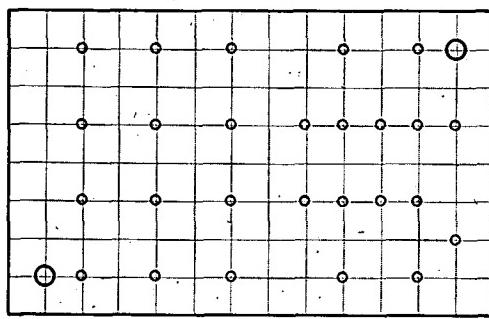
B-5a Jednoduchý zkoušeč tranzistorů

Při stavbě tranzistorových obvodů potřebujeme znát často alespoň přibližně základní hodnoty používaných tranzistorů nebo tranzistor rychle odzkoušet, zda zesiluje. Vyjdeme-li ze současné praxe, kdy se používají většinou tranzistory kremické, které mají velmi malý zbytkový proud (není ho třeba kompenzovat), je zapojení zkoušeče jednoduché. Germaniové tranzistory lze informativně měřit i bez kompenzace klidového proudu také. Na popsaném zkoušeči lze zkoušet tranzistory metodou dobrý-špatný, přibližně určit zbytkový proud a změřit zesílení při napěti baterie 4,5 V a při proudu báze 10 μA . Můžeme měřit a zkoušet vf i nf tranzistory malých výkonů.

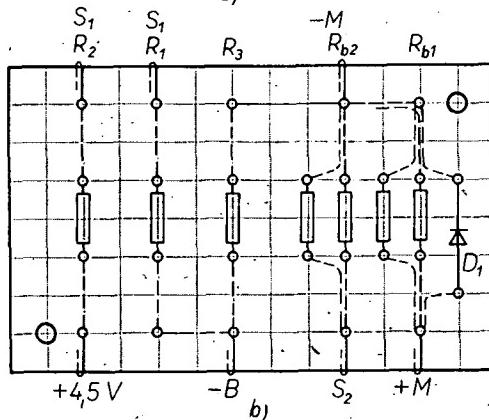
Popis

Abychom se vyhnuli složitému přepínači, měříme proud kolektoru – tranzistory p-n-p, nebo proud emitoru – tranzistory n-p-n při proudu báze 10 μA . Přístrojem měříme zesílení h_{21E} až 1000 ve dvou rozsazích. Rozsahy přepínáme páčkovým spínačem, kterým připojujeme k měřidlu další bočník. Bočník pro nižší rozsah h_{21E} je připojen trvale. Dalším spínačem připojujeme báze tranzistorů k odporum 0,39 M Ω . Při odpojení odporu ukazuje měřidlo zbytkový proud I_{CE0} mezi kolektorem a emitem. U dobrých kremickových tranzistorů je neměřitelný a u germaniových tranzistorů je výhylka dobře znata. Zvláště na nižším rozsahu h_{21E} . Při zapnutí spínače S_2 protéká bází měřeného tranzistoru proud asi 10 μA a měřidlo ukáže výhylku úměrnou zesílovacímu





a)



b)

Obr. 96. Destička pro zkoušení tranzistorů; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

díru ve středu objímky. Vývody dvoupólového spínače (rozsah h_{21E}) propojíme paralelně.

Cejchování a uvedení do chodu

Před uvedením do chodu nastavíme přesně proud měřidlem na 3 mA úpravou bočníku R_{b1} a po připojení bočníku R_{b2} spínačem na přesně 10 mA. Tím je cejchování ukončeno. Dále zkontrolujeme pomalým zvětšováním proudu činnost

ochranného rezistoru a diody, není-li měřidlo příliš přetíženo při proudu 15 mA a při odpojeném bočníku R_{b2} . Je-li činnost ochranné diody dostatečná, můžeme odpor ochranného rezistoru ještě změnit. Nejlépe by bylo vyněchat ochranný odpor vůbec, to však s ohledem na možnost poškození není možné.

Poznámka: Při použití měřidla s malým úbytkem napětí, např. $U_0 = 80 \text{ mV}$, by ochrana křemíkovou diodou, která začíná vést při napětí 0,5 až 0,8 V, nebyla účinná. Je pak třeba volit diodu germaniovou, která vede při napětí asi polovičním. Po nastavení rozsahu připojíme baterii, přepínač rozsahu přepneme na $h_{21E} = 1000$ (s ohledem na možnost zkratu ve zkouše-

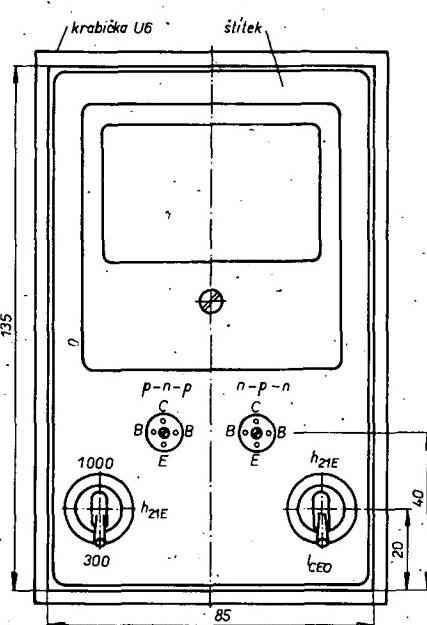
ném tranzistoru – přístroj je přes ochranný rezistor méně přetížen). Přívod k bázim je odpojen (spínač do polohy l_{ceo}) a zasuneme křemíkový tranzistor do objímky. Nemá-li tranzistor zkrat, ručka se vůbec nevyčítá. Spínačem připojíme k bázi odpór 0,39 MΩ (poloha h_{21E}) a měřidlo ukáže výchylku. Je-li malá, přepneme na rozsah $h_{21E} = 300$.

S ohledem na jednoduchost přístroje a možnost použít různá měřidla a různé bočníky není uvedena rozpiska materiálu.

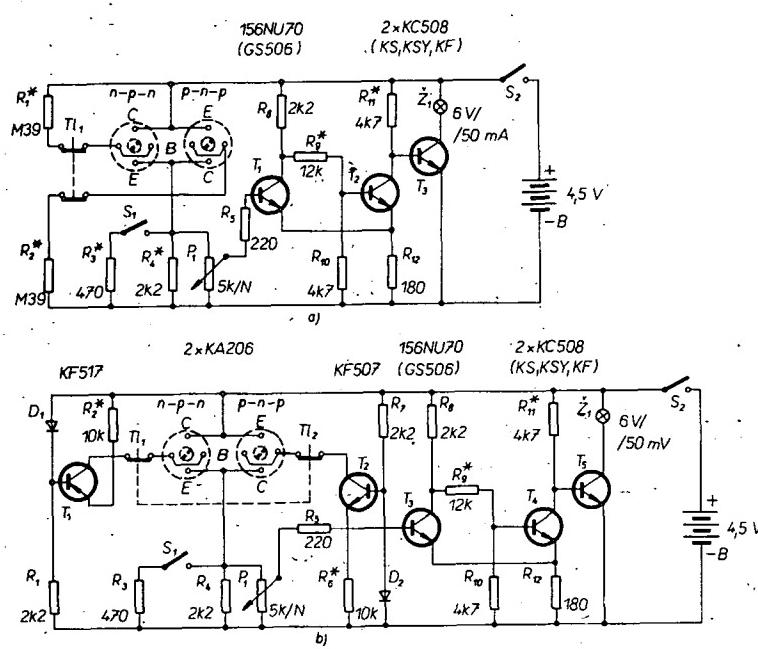
B-5b Jednoduchý zkoušeč tranzistorů se žárovkou

Nemáme-li ručkové měřidlo, použijeme místo něho žárovku, klopný obvod a potenciometr se stupnicí. Zesilovací činitel zkoušeného tranzistoru přečteme na stupni potenciometru v okamžiku, kdy se žárovka rozsvítí nebo zhasne. Schmittův klopný obvod má určitou hysterese (při určitém vstupním napětí se překlopí – žárovka se rozsvítí, ale zhasne až při napětí o něco menším), proto je třeba při cejchování brát na tento jev zřetel a cejchovat přístroj jen při rozsvícení nebo jen při zhasnutí žárovky.

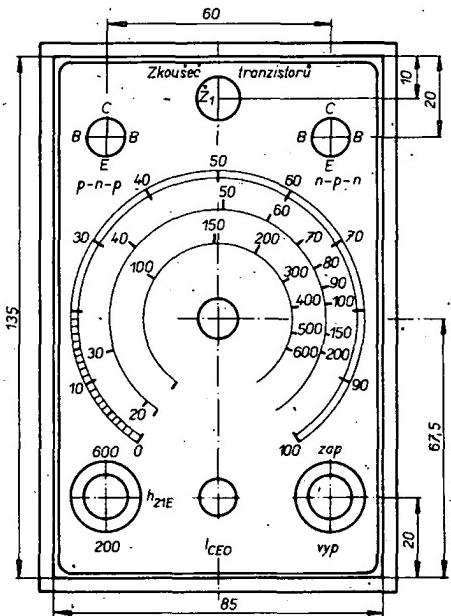
U zkoušeče je použit stejný princip jako u B-5a. Proud tranzistoru prochází přes zatěžovací odporník, potenciometr, jehož běžec je připojen na Schmittův klopný obvod. K dosažení většího rozsahu měření je paralelně k potenciometru zapojen rezistor 2,2 kΩ, výsledný odpor je tedy asi 1,5 kΩ. Lze použít i jiný potenciometr a R_4 a R_3 je nutno vyzkoušet. Spínačem připojujeme další paralelní rezistor pro měření tranzistorů s větším h_{21E} . Proud báze je nastaven na 10 µA. Zapojení zkoušeče je na obr. 98a, zkoušečem lze měřit v nf tranzistor. Protože je zatěžovací odporník tranzistoru velký, zvláště při měření na nižším rozsahu, není proud báze při měření různých tranzistorů stejný, měření není přesné. Chceme-li mít proud báze konstantní, použijeme v obvodech bází proudové zdroje s jedním tranzistorem (obr. 98b):



Obr. 97. Rozmištění ovládacích prvků, objímek a měřidla na horní straně krabičky U6



Obr. 98. Schéma zapojení zkoušeče tranzistorů se žárovkou; a) zjednodušené zapojení, b) zapojení s proudovými zdroji



Obr. 99. Rozmístění ovládacích prvků, objímek a stupnice na horní straně krabičky U6

Provedení

Zkoušec postavíme do plastikové krabičky U6 obdobným způsobem jako B-5a. Rozmístění ovládacích prvků a štítek je na obr. 99. Součástky umístíme na destičku z izolantu (obr. 100a) a zapojíme je podle obr. 100b. Spokojíme-li se jen s přibližným měřením, vynecháme obvody prourových zdrojů pro napájení bází. Rezistory označené hvězdičkou je nutné vyzkoušet při oživování a nastavování zkoušeče. Vstupní tranzistor Schmittova klopného obvodu je germaniový, s ním se obvod

překlopí již při napětí 0,35 V. Další tranzistory mohou být při úpravě R_9 a R_{11} , jak křemíkové, tak germaniové. Ve zdrojích proudu germaniové tranzistory být nemohou s ohledem na jejich velký zbytkový proud.

Uvedení do chodu

Nejprve uvedeme do chodu Schmittův klopny obvod tak, že přivedeme na potenciometr P_1 napětí 1,5 V – spínač S_1 je rozpojený. Při otáčení běžcem potenciometru by se měla žárovka asi v jedné čtvrtině dráhy rozsvítit a otočením běžeče zpět by měla zhasnout. Rozsvítí-li se jen částečně nebo zhasne-li jen částečně, upravíme poměry změnou R_9 a R_{11} . Pak nastavíme při dobrém křemíkovém tranzistoru v příslušné objímce proud bázové rezistory R_2 a R_6 na 10 μA .

U zjednodušeného zapojení bez prourových zdrojů proud báze nastavíme změnou R_1 a R_2 . Tím je zkoušec připraven k cejchování -stupnice potenciometru. Připravíme si tabulku, v níž vypočítáme, jaký proud kolektoru odpovídá určitému zesílení při $I_B = 10 \mu A$; $I_C = h_{21E} I_B$:

h_{21E} :	10 – 20 – 30 – 40 – 50 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100
I_C :	0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1 mA
h_{21E} :	100 – 150 – 200 – 250 – 300 – 400 – 500
I_C :	1 – 1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 4 – 5 mA

Pak zapojíme mezi + pól baterie a „horní“ konec potenciometru P_1 miliampermétry (Avomet) a potenciometr 50 k Ω (hrubé nastavení) a 5 k Ω (jemné nastavení), jimiž můžeme nastavovat libovolný proud do měřicího potenciometru. Začínáme při rozpojeném spínači S_1 (nižší rozsah) od nejmenších proudu. Potenciometr je zapojen tak, aby při nastavení běžce zcela vlevo bylo na něm největší napětí. V této koncové poloze začneme zvětšovat proud podle tabulky a zapíšeme odpovídající h_{21E} , při němž se žárovka rozsvítí naplně. Pak zvětšíme proud o další stupeň podle

tabulky a otáčíme běžcem, až se žárovka rozsvítí. Proti ukazateli na knoflíku uděláme další rýsek. Dojdeme-li na konec stupnice, sepneme spínač S_1 a začínáme znova. Volbou R_3 můžeme ovlivnit začátek stupnice na vyšším rozsahu. Zkoušec dobře pracuje pro rozsah h_{21E} od 25 do 600. Konec nižšího a začátek vyššího rozsahu (průběh stupnice upravíme podle vlastního uvádění změnou R_3 a R_4 , místo nichž je vhodné při cejchování použít odporové trimry, které pak nahradíme pevnými rezistory.

Rozpínací tlačítko (možno nahradit spínačem) slouží k odpojení báze a zjištění, zda není zbytkový proud kolektor-emitor příliš velký. Při běžci potenciometru vlevo a vypnutém spínači S_1 (nejmenší h_{21E}) žárovka nesvítí. Při zkoušení nf germaniových tranzistorů může být zbytkový proud tak velký, že se žárovka rozsvítí. Nezhasne-li při otáčení hřidelem potenciometru, zvláště při sepnutí S_1 , je přechod kolektor-emitor zkoušeného tranzistoru zkrotován.

Rozpis materiálu (provedení b)

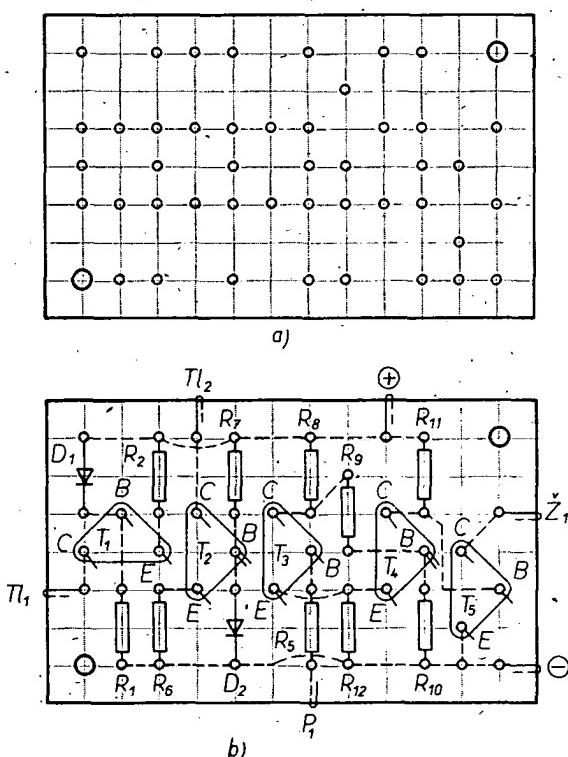
- 1 ks plastiková krabička U6
- R₁, R₇, R₄, R₈ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 2,2 k Ω
- R₂, R₆ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 10 k Ω
- R₃ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 470 Ω
- R₅ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 220 Ω
- R₉ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 12 k Ω
- R₁₀, R₁₁ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 4,7 k Ω
- R₁₂ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 180 Ω
- T₁ tranzistor křemíkový p-n-p, KF517
- T₂ tranzistor křemíkový n-p-n, KF507
- T₃ tranzistor germaniový n-p-n, GS506 (156NU70 apod.)
- T₄, T₅ tranzistor křemíkový n-p-n, KC508 (KS, KSY, KF) (lze použít i germaniový)
- D₁, D₂ dioda křemíková, KA206 (KA201, 501)
- Ž žárovka 6 V/50 mA
- S₁, S₂ spínač páčkový
- T₁ rozpojuvací dvojité tlačítko (telefoni) – může být i páčkový spínač
- P₁ potenciometr TP 280 k Ω /N (2,5 až 10 k Ω)
- 2 ks objímek pro tranzistory
- 1 ks izolační destička 40 × 65 mm, tl. 1 až 1,5 mm

B-6a Koncový zesilovač s MA0403

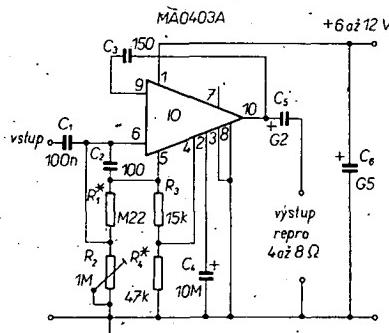
Po úspěšné stavbě přijímače na sluchátka (podle A-5) bychom rádi zkoušeli poslech na reproduktor. Potřebujeme k tomu citlivý a dobrý zesilovač. Výhodné je použít integrované zesilovače prodávané na našem trhu. Přidáme-li k obvodu několik součástek a vše umístíme na naši typizovanou vrtanou destičku, můžeme zesilovač použít k různým účelům. Protože se ještě mezi amatéry vyskytuje obvody MA0403, popíšeme si nejprve zapojení s tímto obvodem.

Popis a provedení

Zesilovač podle obr. 101 pracuje v rozsahu napájecích napětí 6 až 18 V. Protože při napětí 18 V je nutné dobře odvádět teplo z IO a zesilovač lze snadno přetížit, doporučujeme pro začátek používat maximální napětí 12 V. Při napájení 9 V není obvod třeba chladit. Zesilovač je postaven na destičce podle obr. 102a a osazen podle obr. 102b. Oválné otvory prostřední vývody integrovaného obvodu vyřízne



Obr. 100. Destička pro zkoušec tranzistorů; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

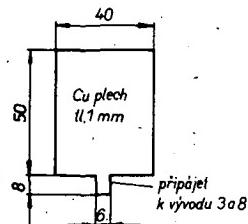


Obr. 101. Schéma zapojení zesilovače s MA0403

lupenkou pilkou a vývody propojujeme tenkým drátkem z Cu lanka nebo síťové šňůry. Pozornost věnujeme pořadí vývodů, pamatujeme, že číslování je uváděno vždy při pohledu shora. Obvody MA0403 a MA0403A mají zaměněné vývody 7 a 9, proto pozor při zapojování.

Uvedení do chodu

Na zapojení není žádnych závludností a zesilovač pracuje na první zapojení. Podle napájecího napětí zvolíme R_4 (pro 9, 12, 15, 18 V to bude 56, 47, 33, 27 k Ω), jeho odpor není kritický, pro všechna napětí lze použít 47 k Ω . Pracovní bod nastavíme trimrem R_2 tak, že konce odporové dráhy provizorně připojíme na vývody 5 a 3 a otáčíme běžcem tak, aby voltmetr mezi vývody 10 a 3 ukazoval polovinu napájecího napětí, při nastavování je vhodné vstup (C_1) propojit se zemí. Klidový proud při napájecím napětí 9, 12, 15, 18 V je asi 9, 13, 17, 22 mA. Protože přesné nastavení pracovního bodu je velmi kritické, je výhodné změřit odpory té části trimru, která je připojena mezi vývody 5 a 6, nahradit ho pevným rezistorem



Obr. 103. Rozměry chladicího křídélka pro MA0403

Rozpiska materiálu

R₁ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 0,22 MΩ
 R₂ odporový trimr uhlíkový TR 040, 1 MΩ
 R₃ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 15 kΩ
 R₄ vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 47 kΩ
 C₁ kondenzátor keramický TK 783, 100 nF
 C₂ kondenzátor keramický TK 754, 100 pF
 C₄ kondenzátor elektrolytický TE 984, 10 µF/
 15 V
 C₃ kondenzátor keramický TK 754, 150 pF
 C₅ kondenzátor elektrolytický TE 984, 200 µF/
 15 V
 C₆ kondenzátor elektrolytický TE 984, 500 µF/
 15 V
 IO integrovaný obvod MA0403 (MA0403A)
 1 ks izolační destička 40×65 mm (tl. 1 až
 1,5 mm)
 1 ks reproduktor 4 až 8 Ω (větší průměr)

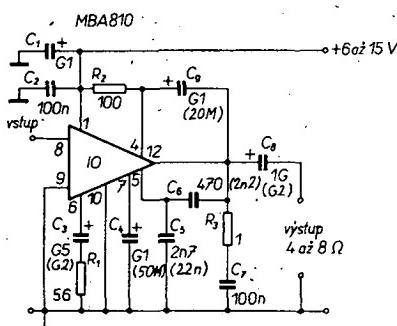
Koncový zesilovač s MBA810

- Chceme-li postavit výkonnéjší zesilovač s moderním integrovaným obvodem, použijeme IO typu MBA810:
- MBA810 – základní typ (chladič pájet),
- MBA810A – základní typ (chladič šroubovat),
- MBA810S – s vestavěnou tepelnou ochranou,
- MBA810AS – s vestavěnou tepelnou ochranou – šroubovací chladič,
- MBA810DS – s vestavěnou tepelnou a přepěťovou ochranou,
- MBA810DAS – s vestavěnou tepelnou a přepěťovou ochranou a šroubovacím chladičem.

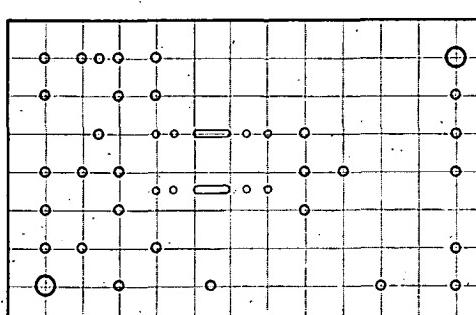
Maximální možný výkon tohoto obvodu je 5 W.

Popis a provedení

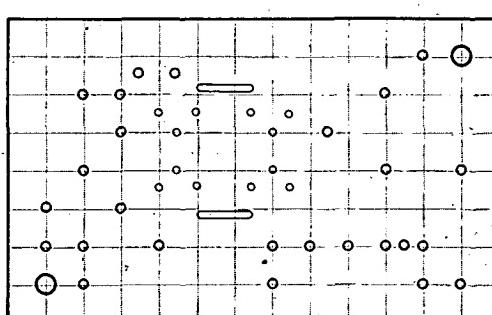
Zesilovač podle obr. 104 pracuje v rozsahu napájecích napětí 5 až 20 V. Výhodou je, že při správném zapojení vnějších obvodů není nutné nic nastavovat. Do výkonu 1 W není třeba obvod chladit. Protože u našeho zapojení nebude odebírány výkon větší než 1 W, není s chlazením



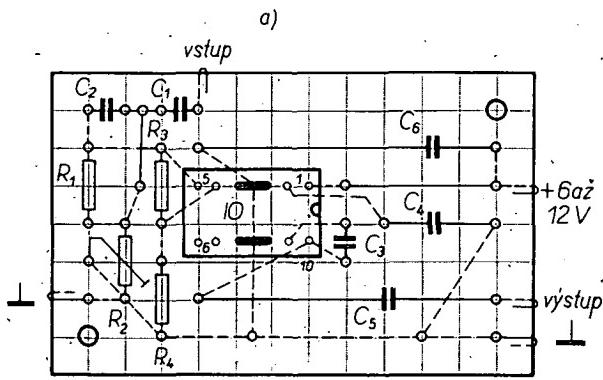
Obr. 104. Schéma zapojení zesilovače s MBA810



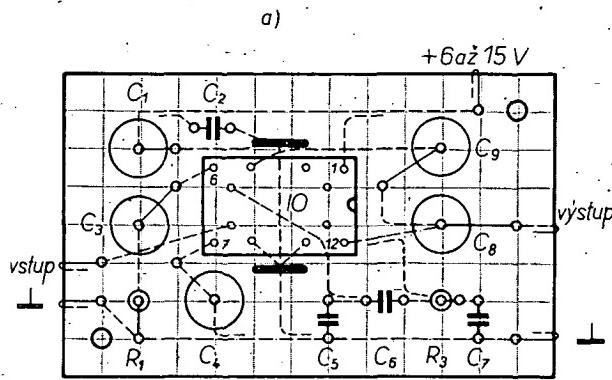
a



a)



b)



Obr. 102. Destička pro zesilovač s MA0403; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

počítáno. Při větším odebíráním výkonu je nutné k obvodu připájet chladič (obr. 103). Destičku vyvrátme podle obr. 105a, osadíme podle obr. 105b. Aby se rozměrné kondenzátory vešly na předepsanou destičku, zvolíme uspořádání součástek na výšku. Nepožadujeme-li maximální výkon, můžeme vynechat kondenzátor C_9 , zapojení pak pracuje bez tzv. vazby „bootstrap“.

Oba zesilovače nejsou úmyslně konstruovány na desce s plošnými spoji. Chybí stínění, je třeba mít na paměti, že takto zapojený zesilovač může mít při plném vybuzení sklonky ke kmitání, proto je navrženo uspořádání výhodné pouze pro menší výkon. Při osazování budeme mít potíže se zajištěním rezistoru 1Ω v členu RC na výstupu – použijeme dva rezistory TR 212, $2,2\Omega$, zapojené paralelně. Nesezeníme-li ani tyto rezistory, pomůžeme si tlustším odporovým drátem ze starého drátového odporu. Odpineme kousek, změříme jeho odpor a úměrou vypočteme potřebný kus. Ustříhneme vypočtený díl a konce důkladně očistíme např. jemným smirkem. Pocinujeme je na novodur a drát navineme na rezistor TR 212 libovolného odporu ($k\Omega$). Konce drátu natočíme na vývody rezistoru těsně k čepičkám a připájíme. Odpor rezistoru není pro naše účely kritický.

Pro malý výkon je vhodné použít součástky v závorkách, R_3 a C_7 lze vypustit.

Rozpis materiálu

- R_1 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 56Ω
- R_2 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, 100Ω
- R_3 vrstvový rezistor uhlíkový TR 212, $2,2\Omega$,
2 ks paralelně
- C_1, C_4, C_5 kondenzátor elektrolytický TE 984,
 $100\mu F/15V$
- C_2, C_7 kondenzátor keramický TK 783, $100nF$
- C_3 kondenzátor elektrolytický TE 984, $500\mu F/15V$
- C_5 kondenzátor keramický TK 724, $2,7nF$
- C_6 kondenzátor keramický TK 724, $470pF$
- C_8 kondenzátor elektrolytický TE 984,
 $1000\mu F/15V$
- IO integrovaný obvod MBA810 (MBA810S,
MBA810DS)
- 1 ks izolační destička 40×65 mm, tl. 1 až
1,5 mm
- 1 ks reproduktor 4 až 8 Ω (větší průměr)

Přístroje pro pokročilé starší – skupina C

C-1 Jednoduché regulovalné a stabilizované zdroje napájené ze sítě

I když jsou zdroje námětem obsaženým v každé publikaci, je nutné zde některé praktické zásady jejich stavby uvést. Zdroje popsané ve skupině A jsou málo výkonné a baterie mají krátkou dobu života. Nahradíme-li baterii zvonkovým nebo jiným vhodným transformátorem a usměrňovačem s elektrolytickým kondenzátorem, můžeme ze zdroje odebírat větší proud bez ohledu na čas.

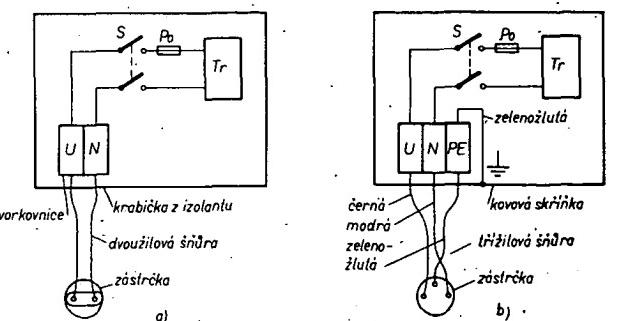
Při použití sítě 220 V/50 Hz musíme dodržovat několik zásad s ohledem na bezpečnost (obr. 106):

Přivední šňůra: musí být dvoužilová pro přístroje v krabičce z izolantu, nebo třížilová pro přístroje v kovové skřínce.

Sítový spínač: přívod sítě jde vždy nejprve na dvoupólový spínač a z něho teprve do přístroje. Vypinají se vždy oba póly sítě.

U třížilové šňůry je třetí ochranný vodič (zlatozelený) přiveden na kovovou kostru přístroje – nesmí se vypínat. U kovové skříňky nesmí být použita dvoužilová šňůra a nikdy se nesmí spojit jeden pól dvoužilové šňůry s kostrou i kdyby byla

Obr. 106. Způsob provedení sítového přívodu v přístrojích; a) přístroj v krabičce z izolantu, b) přístroj v kovové skřínce



Příkon P_p bude:

$$P_p = P_s/\eta = P_s/(0,6 \text{ až } 0,92) = \\ = 20/0,75 = 26,6 = 27 \text{ VA}$$

Průřez jádra

$$S = \sqrt{P_p} = \sqrt{26,6} = 5,15 \text{ cm}^2$$

Strana jádra

$$a = \sqrt{S} = \sqrt{5,15} = 2,27 \text{ cm}$$

Volime plechy EI25 (šířka jádra 25 mm) a výšku jádra také 25 mm. Skutečný průřez jádra bude $S = 2,5 \cdot 2,5 = 6,25 \text{ cm}^2$ (s ohledem na snazší navinutí zaokrouhlení jsme raději nahoru). Použijeme-li příliš velké plechy – velký průřez jádra – a vinutí pro malý výkon, zůstane značná část prostoru pro vinutí prázdná.

Rozměry vyráběných plechů (značí též šířku středního sloupku v mm): EI10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 50, 64. Výšky jader jsou obvykle shodné. Kromě běžných plechů tvaru EI jsou používány též plechy typu M (jsou dražší) těchto rozměrů: M5, 7, 12, 17, 20, 23, 29, 34 – čísla značí též šířku jádra v mm. Výšky jader se dělají stejně jako u plechů EI, nikoli shodné se šířkami jader plechů M.

Vinutí transformátoru – počet závitů pro jednotlivá vinutí je volen s ohledem na magnetickou indukci jádra, která je v mezičích do $1,2 \text{ T}$ (Tesla = 12 000 gaussů – užíváno dříve) u malých transformátorů do rozsahu plechů EI25 a $0,9 \text{ T}$ u plechů EI64. Přibližný výpočet závitů na 1 V (N_{1V}) uvažovaný pro magnetickou indukci 1 T a kmitočet sitě 50 Hz vychází ze vztahu

$$N_{1V} = \frac{45}{S} (= \text{konstanta pro } 1 \text{ T}) \\ S (= \text{průřez jádra v } \text{cm}^2)$$

Příklad: Kolik závitů na 1 V budeme potřebovat u transformátoru z plechů EI25x25 ($S = 2,5 \cdot 2,5 = 6,25 \text{ cm}^2$)?

$$N_{1V} = 45/S = 45/6,25 \text{ cm}^2 = 7,2 \text{ závitů na } 1 \text{ V.}$$

Počet závitů pro primární vinutí 220 V (N_{220V}):

$$N_{220V} = N_{1V} U_{\text{prim}} = 7,2 \cdot 220 \text{ V} = 1584 \text{ závitů.}$$

Počet závitů pro sekundární vinutí 20 V (N_{20V}) vypočteme stejně, ale výsledek vynásobíme konstantou k (zahrnuje ztráty rozptylem a odporem vinutí). Konstanta k je v rozmezí $k = 1,04$ pro velké plechy EI64 až $k = 1,32$ pro nejmenší plechy EI10. Pro plechy EI20 (náš příklad) volíme $k = 1,15$.

$$N_{20V} = k N_{1V} U_{\text{sek}} = 1,15 \cdot 7,2 \cdot 20 \text{ V} = 166 \text{ závitů.}$$

Tloušťku drátu vypočteme z proudů jednotlivých vinutí.

Příkon transformátoru (P_p) z předcházejícího výpočtu bude 27 VA. Proud I_p primár-

$$P_s = U_{\text{set}} I = 20 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 20 \text{ VA.}$$

ním vinutím

$$I_p = P_p / U_{prim} = 27 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 0,122 \text{ A}$$

Přibližný průměr drátu (d) vypočteme (uvažujeme-li proudovou hustotu $2,5 \text{ A/mm}^2$) ze vztahu:

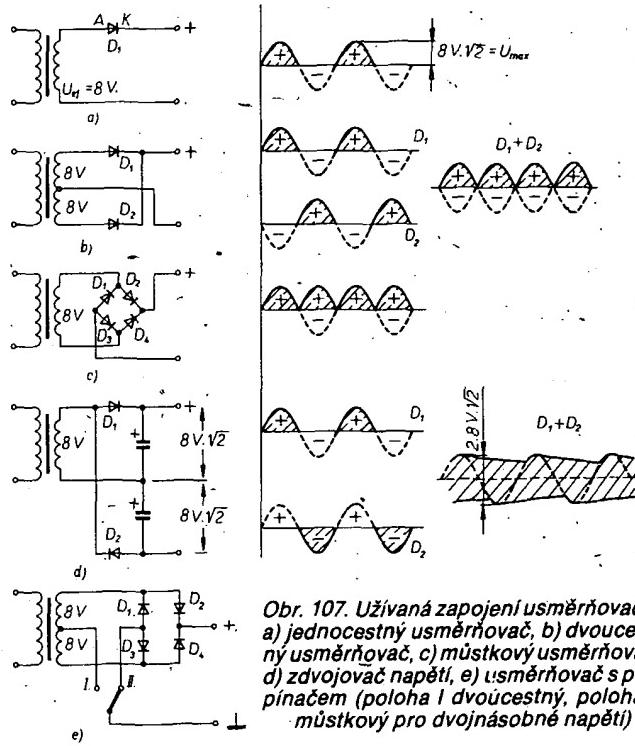
$$d = 1,13 \sqrt{\frac{\text{proud vinutím}}{\text{proudová hustota}}} = \\ = 1,13 \sqrt{0,122 \text{ A} / 2,5 \text{ A mm}^{-2}} = 0,249 \text{ mm}$$

Z drátů vyráběných použijeme drát o $\varnothing 0,236 \text{ mm}$. Volíme vždy nejbližší vyráběný průměr. Průměry Cu drátů jsou odstupňovány přibližně po desetině milimetru. Do průměru asi $0,5 \text{ mm}$ zaokrouhlujeme směrem dolů (uvažujeme zatěžovat proudem větším než $2,5 \text{ A/mm}^2$), nad průměr $0,5 \text{ mm}$ zaokrouhlujeme směrem nahoru (uvažujeme raději méně než $2,5 \text{ A/mm}^2$).

Přibližný průměr drátu pro sekundární vinutí ($I = 1 \text{ A}$):

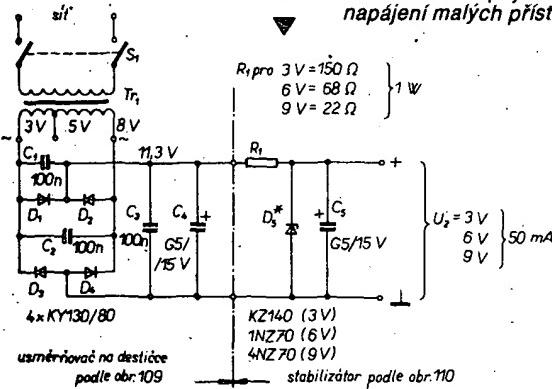
$$d = 1,13 \sqrt{1 \text{ A} / 2,5 \text{ A mm}^{-2}} = \\ = 1,13 \sqrt{0,4} = 0,714 \text{ mm}$$

Použijeme drát o $\varnothing 0,75 \text{ mm}$.



$$\text{I. } U_{max} = 8\sqrt{2} = 11,3 \text{ V} \\ \text{II. } U_{max} = 2 \cdot 8\sqrt{2} = 22,6 \text{ V}$$

Obr. 108. Schéma zapojení zdroje pro napájení malých přístrojů



Usměrňovač

Nejvhodnější jsou křemíkové diody, zapojené buď jako jednocestný, dvoucestný nebo můstkový usměrňovač, případně jako zdvojováč napětí.

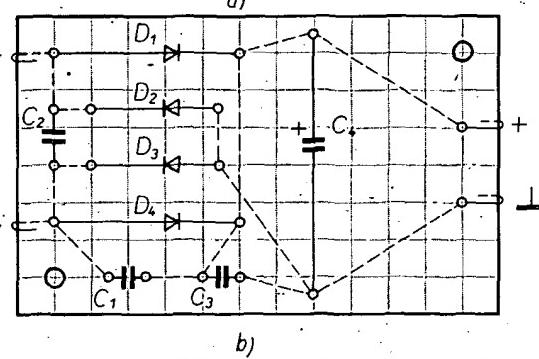
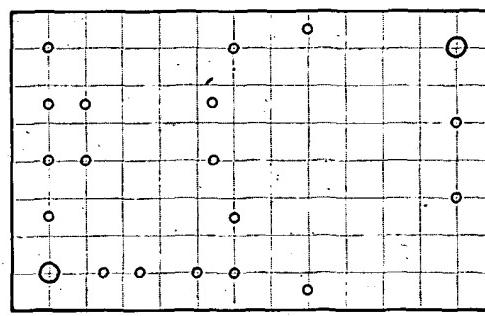
Jednocestný usměrňovač (obr. 107a). Propouští pouze půl vlny jedné polarity. Výstupní napětí je poměrně měkké (závisí na odebíraném proudu, kapacitě filtracního kondenzátoru a vnitřním odporu transformátoru i usměrňovače).

Dvoucestný usměrňovač (obr. 107b). Jsou to vlastně dva jednocestné usměrňovače zapojené paralelně tak, aby každý propouštěl jednu půlvlnu (jedna polovina vinutí má opačnou fazu). Při každé půlvlně pracuje jen jedna polovina sekundárního

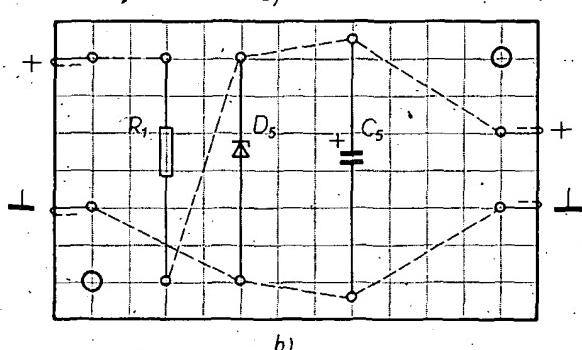
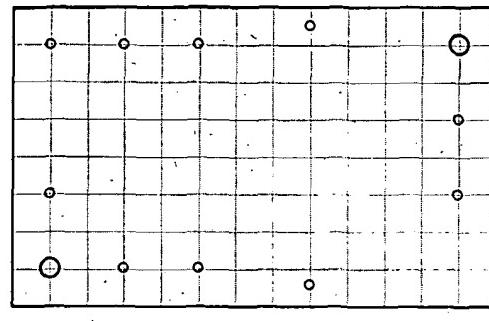
vinutí transformátoru, protéká jí plný proud. Protože pracuje jen po polovinu kmitu, vine se tenčím drátem a má proto větší vnitřní odpor.

Můstkový usměrňovač (obr. 107c), je nejuzívanější druh usměrňovače. Výhodou je jednoduché vinutí, dimenzované na jmenovitý proud (má malý vnitřní odpor). Nevýhodou je nutnost použít 4 diody. Protože při každé půlvlně prochází proud vždy dvěma diodami, vzniká při usměrňování větší úbytek napětí než u dvoucestného usměrňovače. Výhodou je, že diody mohou být na menší napětí.

Zdvojováč napětí (obr. 107d). Jde o dva jednocestné usměrňovače v sérii. Každý z nich pracuje po dobu jedné půlvlny. Naprázdno (nezatižený) dává zdvojováč



Obr. 109. Vrtaná destička pro usměrňovač; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek



Obr. 110. Destička pro stabilizátor zdroje; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

napětí blízké dvojnásobku vrcholové velikosti střídavého napětí. Při zatížení se usměrněné napětí zmenšuje. Zdvoujovač používáme tam, kde nepožadujeme velký odebíraný proud a je k dispozici malé napětí pro napájení usměrňovače. **Usměrňovací diody:** Při rozhodování, jakou diodu pro usměrňovač použijeme, je rozhodující napájecí napětí, druh záťaze usměrňovače (odporová nebo kapacitní), případně kapacita elektrolytického kondenzátoru a odebíraný proud.

Příklad: Dioda KY132/80 má závěrné napětí 80 V a dovolený proud 1 A. Použijeme-li ji pro jednocestné usměrňovač zatížený elektrolytickým kondenzátorem, jež maximální kapacita může být 1600 μ F (podle katalogu TESLA), může být napětí na kondenzátoru maximálně 15 V – nikoli 80 V – a mezní proud jen 0,8 A – nikoli 1 A (viz katalog). Zdiiodou KY132/1000 může být připojen kondenzátor s maximální kapacitou pouze 200 μ F a napětí na něm může být pouze 230 V, nikoli 1000 V. Při zatížení pouze odparem může být na odporu napětí dvojnásobné (560 V) a odebíraný proud až 1 A. Při použití diody KY130/80 v můstkovém usměrňovači může být napětí na elektrolytickém kondenzátoru dvojnásobné – tedy 30 V (dvě diody jsou vždy v sérii). Při sériovém zapojení diod se proud samozřejmě nemění a dovolená kapacita kondenzátoru také ne.

Filtracní elektrolytický kondenzátor

Musí být dimenzován na vrcholovou velikost napětí dodávaného transformátorem. Napětí naměřené běžným ručkovým měřicím přístrojem je napětí efektivní (U_{ef}). Napětí maximální (vrcholová velikost napětí, U_{max}) $U_{max} = U_{ef} \sqrt{2} = 1,41 U_{ef}$.

Naměříme-li na sekundárním vinutí 20 V (U_{ef}), bude jeho vrcholová velikost $U_{max} = 1,4142 \cdot 20 \cdot \sqrt{2} = 28,28$ V. Použijeme elektrolytický kondenzátor na 35 V (nejblížší větší napětí ve vyráběné řadě). Filtrační (vyhlazovací) kondenzátor připojujeme hned za usměrňovač. Pro lepší filtrace (menší zvlnění stejnosměrného napětí) připojujeme přes rezistor další kondenzátor – vzniká filtr RC. Nevýhodou je, že na rezistoru vzniká úbytek napěti. Místo rezistoru lze použít tlumivku – filtr LC – střídavé složce usměrněného napětí kladené tlumivka velký a stejnosměrnému proudu jen malý odpor (činný odpor). Tlumivka je rozumnější a dražší než rezistor, ale úbytek na ni je podstatně menší než na rezistoru. U zdroje s tranzistorem je tranzistor zapojen jako řízený odpor místo tlumivky.

C-1a Jednoduchý síťový zdroj

Pro napájení malých tranzistorových přijímačů a kalkulaček s napětím 3, 6 a 9 V použijeme zdroj, jehož napětí je stabilizované pouze Zenerovou diodou. Transformátor je zvonkový (typ 0156) s napětím 3 a 5 V/0,3 A a 8 V/0,2 A. Usměrňovací diody jsou křemíkové KY130/80 (mezní proud 0,3 A). Zdroj dává napětí shodné s napětím Zenerovy diody. Zenerovu diodu musíme vybrat měřením a její napětí by mělo být v rozmezí asi +10, -20 % požadovaného napětí zdroje. Rezistor R_1 nemá být daném napětí usměrňovače proplustit Zenerovou diodou větší proud, než je dovolený, jinak se dioda při provozu zdroje bez zatížení zničí. Schéma zapojení je na obr. 108. Zdroj je na dvou destičkách podle obr. 109a, 110a, které osadíme podle obr. 109b a 110b. Destičku s transformátorem umístíme do vhodné plastikové krabičky, siť přivedeme dvoužilovou šňůrou na dvoupolový páčkový spínač. Při používání zdroje si uvědomujeme, že se při odběru většího proudu než dovoleného napětí zmenšuje a není stabilizované. Při zničení (pferušení) Zenerovy diody je na výstupu zdroje napětí shodné s napětím na filtračním kondenzátoru.

Poznámka: Všechny zdroje s polovodičovými diodami jsou zdrojem rušení v oblasti vf (způsobené „sepnutím“ diody až při určitém napětí), které často vadí u citlivých přijímačů. Rušení lze odstranit blokovacími keramickými kondenzátory 22 až 100 nF. V případě, že vf rušení nevadí, kondenzátory C_1 až C_3 můžeme vypustit.

Maximální výstupní proud zdroje je 50 mA.

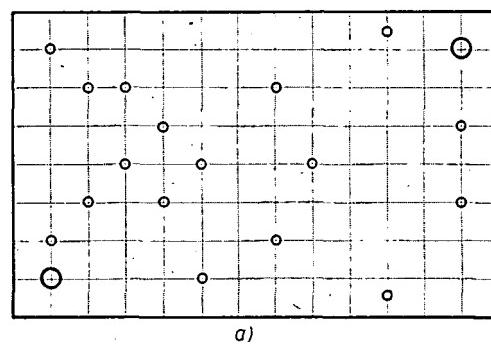
o úbytek 0,2 až 0,7 V (podle použitého tranzistoru) na přechodu báze – emitor tranzistoru T_1 , než napětí Zenerovy diody. Pro požadované výstupní napětí zdroje se musí Zenerova dioda vybrat, neboť výstupní napětí nelze nastavovat. Tranzistor musí být dimenzován na proud odebíraný ze zdroje a musí odvést vzniklý ztrátový výkon P .

Příklad: Odebíraný proud je 100 mA (0,1 A), výstupní napětí 6 V a napětí na kondenzátoru C_1 je 10,5 V. Úbytek napětí na tranzistoru je: $10,5 V - 6 V = 4,5 V$. Ztrátový výkon P na tranzistoru je $P = UI = 4,5 V \cdot 0,1 A = 0,45 W$.

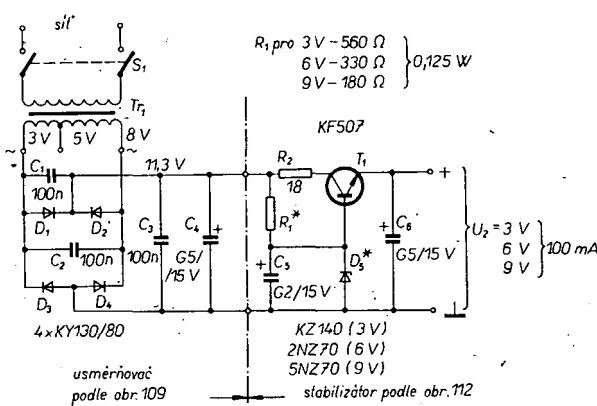
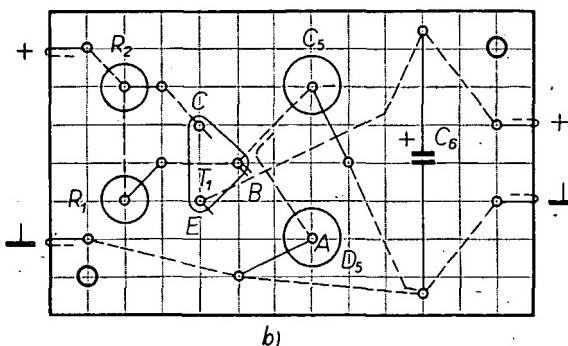
Podle použitého typu a údajů katalogů rozhodněme, zda musíme tranzistor opatřit chladičem či nikoli. Zapojení zdroje pro výstupní proud 100 mA je na obr. 111. Součástky jsou připájeny na dvou destičkách (obr. 109a, usměrňovač, a 112a, stabilizátor) osazených podle obr. 109b a 110b. Součástky kromě C_6 jsou postaveny na výšku. Ochranný rezistor R_2 sice zvětšuje vnitřní odpor zdroje (zhoršuje vlastnosti stabilizátoru), ale chrání tranzistor před přetížením při zkratu. Při použití menšího typu zvonkového transformátoru (má velký vnitřní odpor) můžeme odpor R_2 vyněchat.

C-1c Jednoduchý síťový zdroj s nastavitelným výstupním napětím

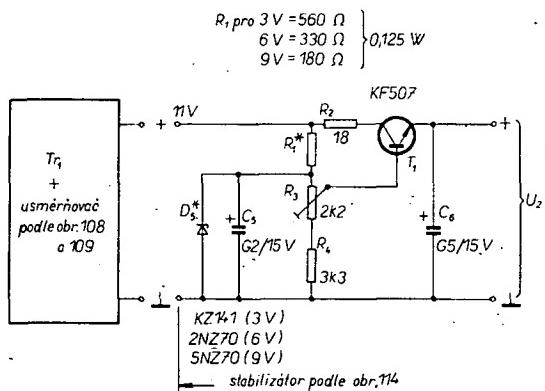
Napájecí zdroje C-1a, C-1b mají nevýhodu, že se nedá nastavit libovolně výstupní napětí; to je dáné napětím Zenerovy diody. Připojíme-li k této diodě rezistor s odporovým trimrem zapojeným jako dělič napětí a bázi regulačního tranzistoru připojíme na běžec trimru, můžeme výstupní napětí nastavit podle potřeby. Napětí Zenerovy diody musí být menší než napětí na zatíženém kondenzátoru C_4 a maximální výstupní napětí zdroje je 0,2 až 0,7 V menší než napětí na Zenerově diodě. Regulační tranzistor má mít malý zbytkový proud, nejlepší je křemíkový. Při použití germaniových tranzistorů s větším zbytkovým proudem se u nezatíženého



Obr. 112. Destička pro stabilizátor zdroje; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

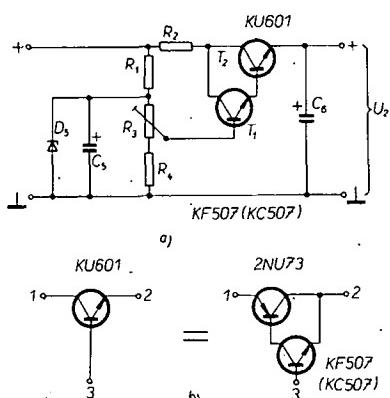


Obr. 111. Schéma zapojení zdroje s tranzistorem

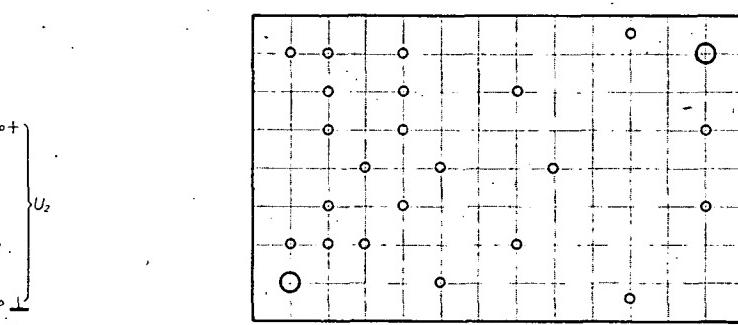


Obr. 113. Schéma zapojení zdroje s tranzistorem a nastavitelným výstupním napětím

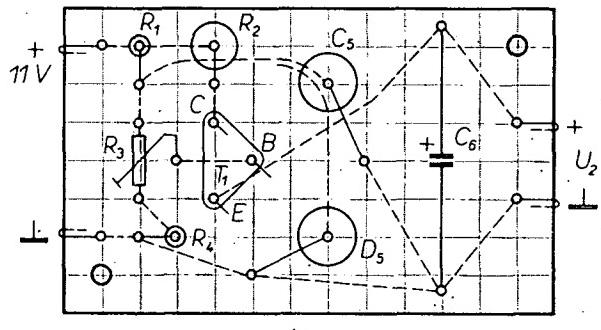
Obr. 114. Destička pro stabilizátor zdroje; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek



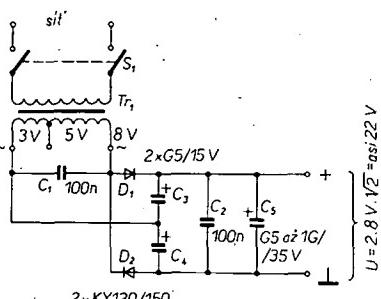
Obr. 115. Schéma zapojení stabilizátoru se zvětšeným činitelem stabilizace; a) zapojení s dvěma tranzistory, b) náhrada výkonového tranzistoru n-p-n tranzistory p-n-p a n-p-n



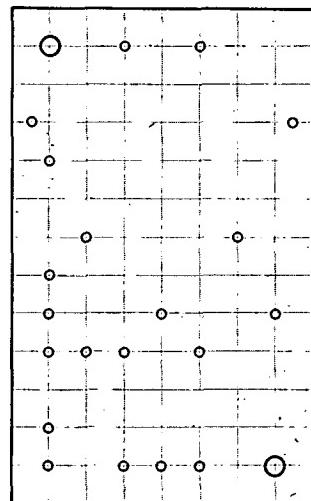
a)



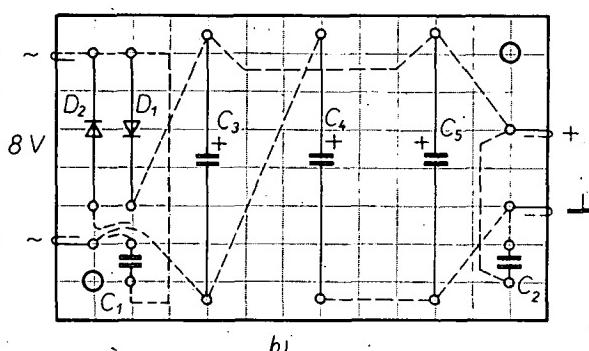
b)



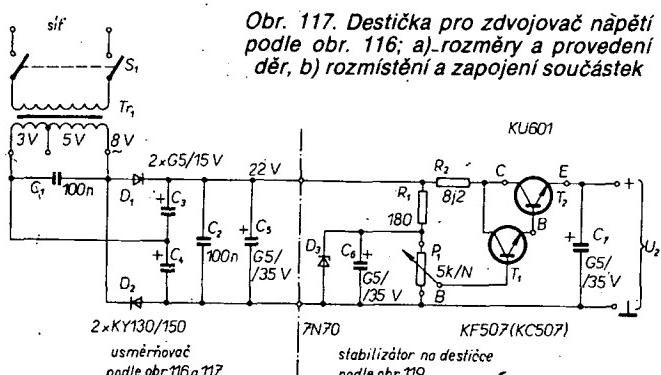
Obr. 116. Schéma zapojení zdvojovače napětí pro zdroj



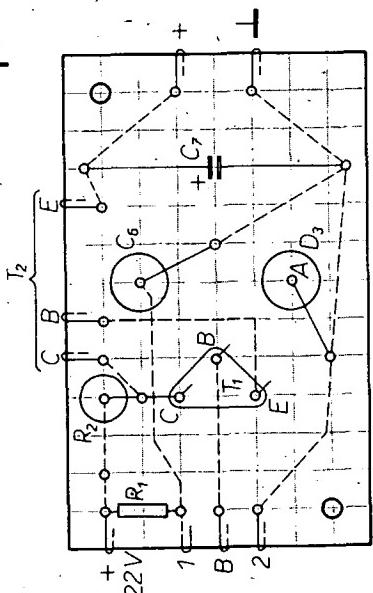
a)



b)



Obr. 117. Destička pro zdvojovač napětí podle obr. 116; a)-rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek



b)

Obr. 118. Schéma zapojení zdroje s regulací napětí od nuly

Obr. 119. Destička pro stabilizátor zdroje podle obr. 118; a) rozměry a provedení děr, b) rozmištění a zapojení součástek

zdroje nabijí výstupní kondenzátor C_6 na napětí kondenzátoru C_4 bez ohledu na nastavení odporového trimru, při zatížení je výstupní napětí stabilizované. Proto germaniové tranzistory můžeme použít pouze u zdrojů s trvale připojenou zátěží. Zapojení takového zdroje je na obr. 113. Destička s děrami je na obr. 114a, rozmístění součástek na obr. 114b.

Máme-li regulační tranzistor s malým zesilovacím činitelem (činitel stabilizace je pak malý), zapojíme do jeho báze tranzistor řídící (obr. 115a). Nemáme-li výkonový tranzistor vodivosti n-p-n, nahradíme ho tranzistorem p-n-p a řídícím tranzistorem n-p-n (obr. 115b). Potřebujeme-li větší napětí zdroje (např. při použití zvonkového transformátoru), usměrníme střídavé napětí zdvojovačem (obr. 116); takový zdroj je na destičce podle obr. 117a, osazené podle obr. 117b. Chceme-li výstupní napětí plynule regulovatelné od nuly, zapojíme místo rezistoru s odporovým trimrem potenciometr (obr. 118).

Výstupní ss napětí zdroje je 0 až 12 V, max. proud 200 mA.

Poznámka: Zvonkový transformátor je vhodný pouze pro zdroje s malým výstupním proudem (do 0,2 A)

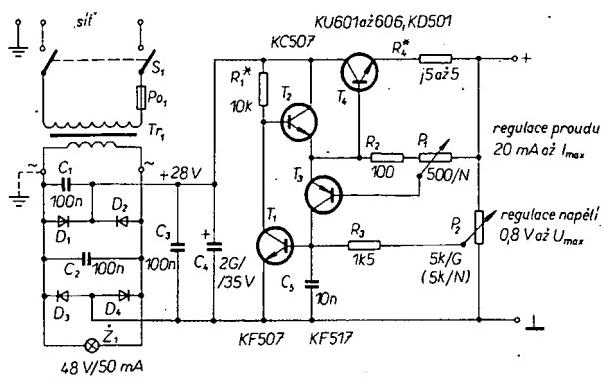
C-2 Jednoduchý regulovatelný zdroj 0 až 20 V/1 A s omezením výstupního proudu

Dobrý a výkonný zdroj je základem každého radioamatérského pracoviště. U výkonnéjšího zdroje často potřebujeme mít možnost nastavit velikost maximálního odebíraného proudu. Jednoduchý zdroj s křemíkovými tranzistory je na obr. 120. Sekundární napětí transformátoru je 20 až 24 V/1 A. (Plechy EI25 × 25, primární vinutí 1580 závitů drátu o Ø 0,23 mm, sekundární 166 závitů drátu o Ø 0,75 mm). Součástky jsou na desce s plošnými spoji (obr. 121). Výkonový tranzistor je na chladiči (hliníkový plech tl. 2 mm) s rozměry 130 × 130 mm.

Provedení zdroje

Zdroj stavíme do kovové skřínky. Kovové části skřínky jsou připojeny na ochranný svorku, označenou podle posledních předpisů PE a připojenou na zelenožlutý vodič v přívodní třížilové šňůře. Je-li transformátor zkoušen na průraz, nemusí být sekundární vinuti připojeno jedním pólem na kostru. Není-li zkoušen, musí být sekundární vinuti připojeno podle schématu zapojení (naznačeno čárkované) k ochranné vývode.

Obr. 120. Schéma zapojení stabilizovaného zdroje s regulací výstupního napětí a proudu



proudů výstupní napětí zvlněné. Zdroj má poměrně velký vnitřní odpor.

C-3 Regulovatelné zdroje s MAA723

Regulovatelné zdroje z diskrétních součástek mívají nedostatky – regulace je málo přesná, teplotní závislost značná, účinnost malá a dlouhodobá stabilita nevhodná. Integrované stabilizátory napětí umožňují postavit regulovatelné stabilizované zdroje velmi dobrých vlastností. Dostupný je např. stabilizátor napětí MAA723. IO MAA723 obsahuje:

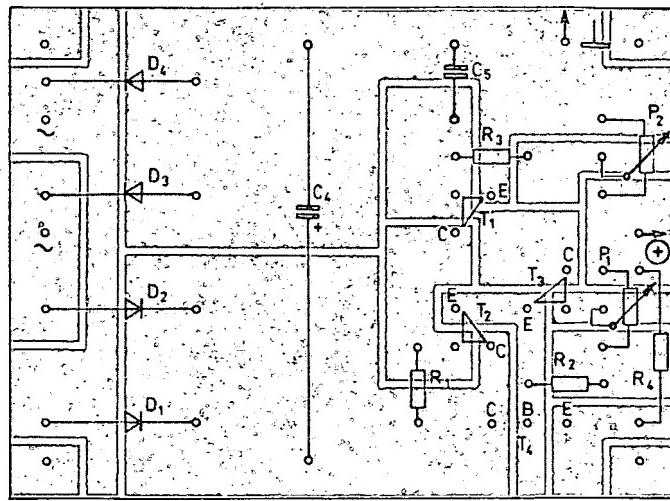
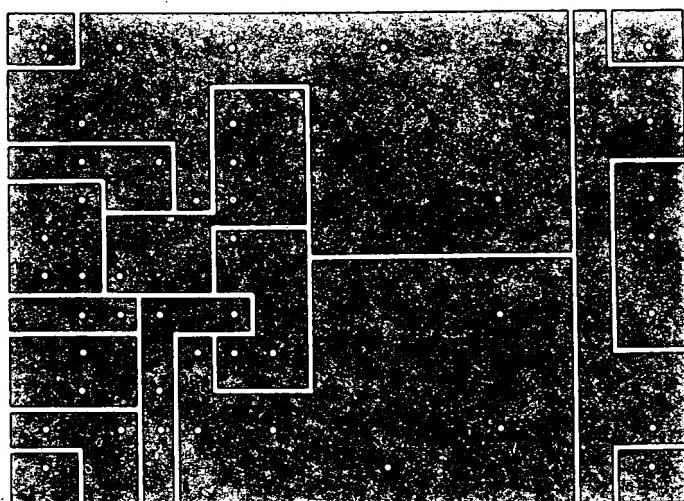
- tepelně kompenzovaný zdroj a zesilovač referenčního napětí,
 - zesilovač regulační odchylky,
 - regulovaný koncový tranzistor,
 - obvod pro omezení výstupního proudu.
- Pro MAA723 je využívána řada zapojení, lišících se podle toho, zda obvod pracuje jako stabilizátor malých nebo větších napětí, pevně nastavených nebo proměnných. Jednoduché, často užívané zapojení regulovatelného stabilizovaného zdroje je na obr. 122. Odpor omezovacího rezistoru R_0 se vypočítá z proudu, při kterém má stabilizátor omezovat a z požadovaného napětí 0,65 V pro bází omezovacího tranzistoru (T_{16} v IO – vývod 10). Pro proud 1 A bude:

$$R_0 = U/I = 0,65 \text{ V}/1 \text{ A} = 0,65 \Omega.$$

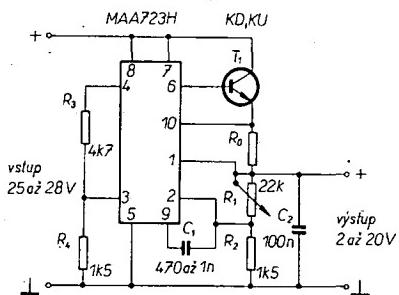
Rezistor musí být dimenzován na potřebný proud – ztrátový výkon P :

$$P = R^2 \cdot I^2 = 0,65 \Omega \cdot 1^2 \text{ A} = 0,65 \text{ W},$$

zhotovíme ho paralelní kombinaci vhodných rezistorů, nebo lépe z odporového drátu (manganin, konstantan apod.).



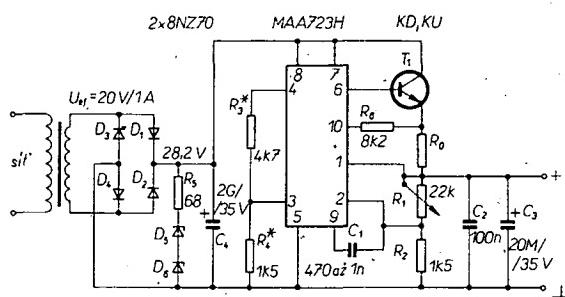
Obr. 121. Deska s plošnými spoji R212 stabilizovaného zdroje



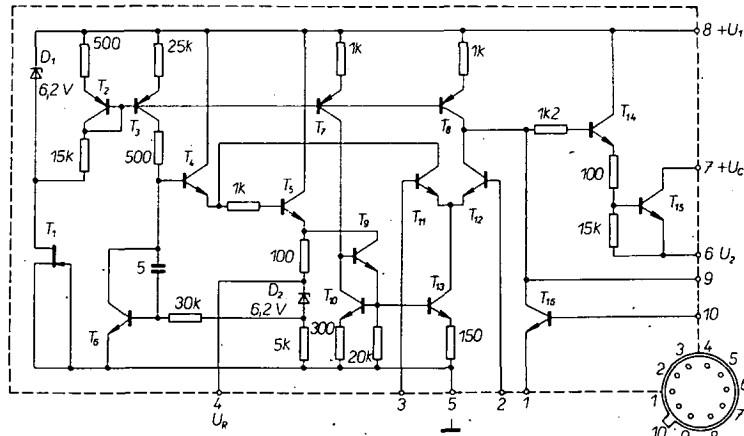
Obr. 122. Schéma zapojení MAA723 jako stabilizovaného zdroje s regulací výstupního napětí a s proudovým omezením

Nevýhodou tohoto jednoduchého zapojení je, že zdroj nemůže pracovat od 0 V, ale až od napětí asi 2 V. Další nevýhodou stabilizátoru s MAA723 je, že při zapojení jako regulovatelný zdroj je na jeho výstupu zvlněné napětí pilovitého průběhu o proměnném kmitočtu (až stovky kHz). Je to nepřijemná vlastnost většiny stabilizátorů s operačními zesilovači, napájenými ze sítě. Zvlnění zjistíme osciloskopem v některé oblasti nastaveného napětí a při určitém proudu. Laborování s kondenzátorem C₁ většinou nepomáhá. Zvlnění lze potlačit zablokováním výstupu elektrolytickým kondenzátorem 5 až 20 μ F. Při práci s tímto zdrojem a připojenou zátěží s velkou kapacitou se stává, že při rychlém změně výstupního napětí potenciometrem (nebo přepínačem), při vypnutí, zapnutí apod. přestane pracovat proudová ochrana. Vlivem „chvílkového“ velkého rozdílu napětí mezi vývody 10 a 1 se poškodi přechod emitor-báze tranzistoru T₁₆ v integrovaném obvodu (viz obr. 123). Při této poruše si pomůžeme tak, že připájíme tranzistor KC507 nebo podobný k vývodům 1, 9, 10 IO a obvod může znova správně pracovat. Má-li některý přechod poškozeného tranzistoru T₁₆ zkrat (zjistíme ohmmetrem), „upálíme“ ho přiložením napětí 1 až 3 V. Aby se opětne nezničil náhradní omezovací tranzistor, chránime jej připojením vývodu 10 přes ochranný rezistor 8,2 k Ω . Přechod emitor-báze se pak proudem nemůže zničit a funkce ochrany je zachována. Ochranný rezistor se ve zveřejňovaných zapojeních neužívá a zničení omezovacího tranzistoru u regulovatelných zdrojů s MAA723 je, pak dost častou pòrouhou.

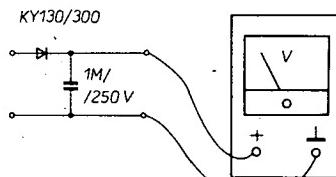
Další chybou při návrhu regulovatelných zdrojů s MAA723 je příliš velké vstupní napětí. Mezní napětí pro vstup stabilizátoru je 40 V (napěťovou rezervu IO nemá). Napětí 50 V snese obvod jenom jako impuls délky 50 ms (2,5 kmítu sítě). Abychom napětí 40 V neprekročili, může být špičková (maximální) hodnota sekundárního napětí na transformátoru také 40 V. Z toho vypočítané efektivní napětí (změřené měřicím přístrojem) je:



Obr. 125. Upravené schéma zapojení zdroje s MAA723 se Zenerovými diodami pro omezení napěťových špiček



Obr. 123. Vnitřní schéma zapojení MAA723 a zapojení vývodů (pohled zezpoda)



Obr. 124. Schéma zapojení přípravku pro změření napěťové špičky na transformátoru při zapnutí

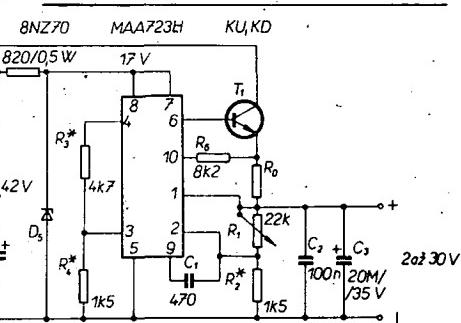
$$U_{ef} = U_{max} / \sqrt{2} = 40 / 1,41 = 28 \text{ V}$$

Ale pozor! Toto napětí vyhovuje obvodu při běžném provozu, nevyhovuje však při zapnutí zdroje. Stává se, hlavně u výkonějších zdrojů s větším transformátorem (malý odpor vinutí), že stabilizátor po několikerém zapnutí přestane pracovat. Dáváme vinu špatné kvalitě MAA723, ale vina je na straně návrhu. Chceme-li mít zdroj s výkonným transformátorem a co největším výstupním napětím, nesmíme přechodové jevy při zapnutí zanedbat. Z praxe víme, že při připojení napětí na transformátor v okamžiku průchodu elektrického proudu maximem vyléva vzniklý proudový náraz v sekundárním vinutí zvýšené napětí. Napěťová špička dosahuje 3 až 6násobku jmenovitého napětí na nezatištěném transformátoru – závisí na vnitřním odporu vinutí. Může tedy být na našem transformátoru až 28 V. 6 = 168 V, tato špička se se zátěží samozřejmě zmenší. U zdrojů je transformátor zatištěn elektrolytickým kondenzátorem a stabilizátorem. Nejnepříznivější podmínky nastanou při zapnutí, či lépe vypnutí a opětovném zapnutí nezatištěného zdroje. Při nenabitém filtračním kondenzátoru je transformátor značně zatížen, ale po vypnutí a opětovném zapnutí nezatištěného zdroje zůstává kondenzátor nabít a transformátor je nezatížen. Vel-

kost napěťového impulsu změříme voltmetrem s velkým vnitřním odporem a přípravkem z kondenzátoru 1 μ F (MP nebo papírový), nabíjeného oddělovací diodou (obr. 124). Napěťová špička u zdrojů dosahuje v praxi 2 až 3násobku jmenovitého napětí. Proto raději nepoužíváme sekundární napětí transformátoru větší než 20 V, nebo při větším napětí připojíme za usměrňovač ochranné Zenerové diody se Zenerovým napětím větším, než je napětí na elektrolytickém kondenzátoru usměrňovače při běžném provozu (obr. 125). Chceme-li využívat MAA723 k regulaci většího napětí a zajistit, aby se na obvod nedostaly napěťové špičky, napájíme jej napětím, zmenšeným Zenerovou diodou (obr. 126). Pak nebezpečí napěťových špiček obvodu vůbec nehrozí.

Výstupní napětí regulované potenciometrem R₁ je zvláště z počátku (malé napětí) regulováno hrubě. Regulaci zlepšíme zařazením dalšího potenciometru 100 Ω až 1 k Ω do série s R₁, kterým řídíme napětí jemně. Pro měření oděbíraného proudu využijeme rezistoru R₀ jako bočníku a měřidlem na něm měříme napětí. Nevýhodou je, že rezistor R₀ prochází také proudem děliče, tvořeného potenciometrem R₁ a rezistorem R₂. V praxi to nevadí. Stupnice je cejchovaná v ampérech nebo v miliamperech. Plná výchylka ručky měřidla odpovídá napětí 0,65 V. Použijeme-li přepínač, můžeme využít stejného měřidla (doplnit stupnicí ve voltech) k měření napětí na výstupu zdroje. Nezáleží-li při měření napětí na úběku napětí na rezistoru R₀, stačí jednoduchý přepínač a kladný pól měřidla připojíme na emitor tranzistoru T₁.

V příštím čísle bude popis jednoduchých měřicích přístrojů dokončen popisem zdroje 0 až 20 V/1 A, nf milivoltmetru, zkoušecem IO, měřicím kmítoučku, logickou sondou atd. Číslo bude doplněno zajímavými zapojeními.



Obr. 126. Upravené schéma zdroje s MAA723 se Zenerovou diodou v obvodu napájení